COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 MARS 1868.

PRÉSIDENCE DE M. DELAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

« M. **Milne Edwards** remercie l'Académie du don d'un exemplaire des *Comptes rendus* que la Commission administrative a bien voulu mettre à sa disposition pour la Faculté des Sciences de Paris. Il ajoute que la Société royale de Londres s'est montrée non moins généreuse envers ce corps enseignant : elle a envoyé à la Faculté des Sciences la collection complète de ses *Proceedings* (de 1800 à 1867) et la série des *Philosophical Transactions* pour les trente-huit dernières années. M. Milne Edwards, comme représentant de la Faculté, saisit cette occasion pour remercier publiquement la Société royale de Londres. »

« M. **Bertrand** présente à l'Académie une méthode pour calculer les logarithmes des nombres qui, due à Huyghens et communiquée par lui en 1666 dans l'une des premières séances de l'Académie des Sciences, est restée jusqu'ici inédite. Les indications suivantes, textuellement copiées sur les procès-verbaux conservés au Secrétariat, lui paraissent offrir un double intérêt. La méthode est remarquable et élégante en elle-même, et la démonstration que Huyghens ne donne pas paraît difficile à faire sans recourir à la série logarithmique de Mercator, publiée seulement en 1668,

et présentée à cette date par Huyghens lui-même dans l'une des séances de l'Académie. »

Règle pour trouver les logarithmes (1).

« Le calcul suivant cette règle est beaucoup plus court que par celle dont on s'est servy jusques icy, et pour faire voir la différence il faut seulement remarquer que pour trouver par exemple le logarithme de 2 jusques à dix chiffres vrais, il fallait extraire environ quarante fois la racine carrée d'un nombre de 64 chiffres, là où, par la présente règle pour avoir le mesme logarithme, il ne faut qu'extraire six fois la racine carrée d'un membre de 28 chiffres et faire ensuite trois divisions et une multiplication. La règle est celle-cy.

» Il faut avoir une fois pour tout les racines carrées du nombre 10 extraites consécutivement jusques à la sixième, et chaque racine de 14 chiffres, et si on désire avoir les logarithmes jusqu'à 10 charactères véritables, ou jusqu'à la septième ou huitième racine et davantage (et quant et quand de plus de chiffres) si l'on les veut encore plus précisément. Ainsy la racine cinquième extraite de 10 est 10 746 078 283 213, qui soit appelée a.

» La racine sixième est 10 366 329 284 377, qui soit b.

» L'unité 10 000 000 000 000, soit d (c'est-à-dire étant multipliée par 10^{13} comme sont également les racines pour faire en aller les fractions).

» Maintenant il faut trouver un nombre égal à

$$\frac{200\,da}{3d+3a+4b}+40b-3a-3d,$$

lequel nombre est icy

559 661 035 184 532 ;

on le multipliera par $a-d$, dont le produit sera

4 175 509 443 116 778,

dont il sera assez de prendre les premiers charactères; et il faut noter que ce nombre une fois trouvé servira ensuite au calcul de tous les logarithmes.

» Soit proposé de trouver le logarithme de 2; il faut avoir semblablement la cinquième et la sixième racine extraite de 2 en 14 chiffres, comme auparavant du nombre 10.

» La cinquième racine de 2 est 102 189 171 486 541, qui soit dite f.

» La sixième racine de 2 est 10 108 892 860 517, qui soit dite g.

» Et l'unité comme devant 10 000 000 000 000, soit d.

(1) Extrait du *Registre des procès-verbaux*, t. I, p. 40; 1666.

» Il faut après trouver un nombre égal à

$$\frac{200\,df}{3d+3f+4g}+40g-3f-3d,$$

lequel nombre est icy

545 869 542 830 178 ;

on le multipliera par $a - \frac{ad}{f}$, et le produit sera

1 256 953 589 206.

Maintenant, comme le nombre dessus trouvé 41755... à celuy-cy 12565... Ainsy sera le logarithme de 10, à scavoir 10000..., au logarithme de 2, qui sera

0,301 029 995 67,

où il y a dix charactères vrais et le onziesme qui surpasse le vray de l'unité.

» L'on sait qu'il faut mettre un zéro pour charactéristique, à cause que le nombre 2 est au-dessous de 10.

» Or, pour trouver le logarithme d'un nombre au-dessus de 10, il faut tant de fois extraire la racine carrée que la dernière extraite soit moindre que la racine sixième extraite de 10, c'est-à-dire aux nombres depuis 1 jusqu'à 100 il faudra extraire sept fois, depuis 100 jusqu'à 10000 huit fois, depuis 10000 jusqu'à 100000000 neuf fois; et en se servant des deux racines dernières et les appelant f et g et opérant comme dessus, on aura le logarithme de la racine qui est la septième en comptant la dernière en arrière, et cela aussi précisément que nous avons trouvé le logarithme de 2, c'est-à-dire jusqu'à 10 charactères vrais. Doublant après ce logarithme trouvé, l'on aura celuy du nombre proposé, si l'on n'a fait que 7 extractions; en doublant encore une fois, si l'on en a fait 8; et encore une fois, si l'on en a fait 9. »

CHIMIE. — *Sur la présence du cuivre dans les êtres organisés;* *par* **M. Chevreul.**

« M. Nicklès m'a adressé une Lettre à la date du 14 mars, dans laquelle il me dit : « Dans votre dernière communication, vous rangez le » cuivre parmi les principes *accidentels* (des corps vivants): ce n'est que » justice. »

» M. Nicklès me fait passer la copie d'une Note imprimée dans le *Journal*

de Pharmacie de 1866, dans laquelle il attribue à une erreur d'expérience l'exagération de l'opinion de la diffusion du cuivre dans la nature. Cette erreur est le résultat de l'usage de la lampe de Bunzen à bec de cuivre dans l'incinération des matières organiques. M. Lossen a confirmé, par des expériences comparatives, l'exactitude de l'opinion de M. Nicklès.

» Je ferai remarquer qu'en considérant, en 1868, comme accidentelle la présence du cuivre dans les matières organiques, je n'ai fait que rappeler l'opinion émise dans mon Rapport sur le bouillon de la Compagnie hollandaise, le 19 de mars 1832, imprimé par ordre de l'Académie (*voir* p. 16 et 17, et la note 3, p. 33).

» Enfin, je rappelle mes expériences sur la présence du cuivre dans l'eau d'un puits des Gobelins, où elle avait été puisée au moyen d'une pompe de cuivre.

» Les expériences nombreuses sur l'influence de cette eau en teinture sont décrites dans mon treizième Mémoire de mes Recherches chimiques sur la Teinture, présenté à l'Académie, le 2 de décembre 1861, et imprimé dans le XXXIVe volume des *Mémoires de l'Académie*. »

COSMOLOGIE. — *Sur trois nouveaux fers météoriques du Chili, récemment parvenus à la Collection de Géologie du Muséum; par* **M. Daubrée**.

« Le Chili paraît devoir être compté parmi les régions du globe les plus favorisées par les chutes de fer météorique.

» On connaît depuis longtemps les masses de fer trouvées dans le désert d'Atacama, qui renferment de gros grains de péridot et rappellent le fer de Krasnojarsk dit de Pallas. Ces masses, désignées habituellement sous le nom de *fer d'Atacama*, proviennent de la localité nommée Imilac.

» Plus récemment, on a trouvé au Chili, dans la Sierra de Chaco, de nombreux blocs d'une météorite sporadosidère, très-riche en fer (polysidère) (1), dont M. Domeyko vient d'offrir au Muséum un échantillon qui ne pèse pas moins de 12 kilogrammes.

» Sur trois autres points du Chili, on a récemment découvert des fers météoriques qui sont également venus, pendant ces derniers mois, enrichir la collection déjà si nombreuse du Muséum.

» Ces trois nouveaux gisements paraissent également distincts de celui que l'on connaît au Chili, à Hemalga.

(1) Ces dénominations se rapportent à la classification qui a été publiée dans les *Comptes rendus*, t. LXV, p. 867.

» Le premier a été trouvé dans la Haute-Cordillère d'Atacama ; le second dans la Cordillère de Deesa; le dernier dans une localité qui n'est pas indiquée.

» Nous devons le premier à la libéralité du Gouvernement du Chili, qui, grâce à la bienveillante entremise de M. Rosalès, ancien ministre, et de M. Domeyko, inspecteur général des mines, a bien voulu s'en dessaisir en notre faveur.

» Les deux autres nous ont été donnés par M. Domeyko, auquel nous sommes déjà redevables de plusieurs dons importants.

I. — *Fer trouvé entre le Rio-Juncal et Pedernal, dans la Haute-Cordillère d'Atacama.*

» Ce fer, qu'on a pu admirer à l'Exposition, pèse 104 kilogrammes.

» Une Lettre de M. Domeyko nous apprend qu'on doit la découverte de ce bel échantillon à un propriétaire des Andes, don Lisaras Fonseca, qui voyageait dans le but de découvrir quelque filon métallifère. Il avait avec lui plusieurs mineurs et 25 mules de charge. Après trois mois de recherches inutiles il ne lui restait, le 25 novembre 1866, que 14 mules qui pouvaient à peine marcher, lorsqu'en traversant un endroit très-aride et sablonneux, il aperçut à peu de distance du chemin un gros bloc noir qui attira son attention. Il crut avoir trouvé un bloc d'argent et se décida à l'emporter, malgré le mauvais état de ses mules. Heureusement il lui en restait une qui supporta le poids du fer, augmenté de celui des pierres qu'on fut obligé d'ajouter pour équilibrer la charge. Ce n'est qu'à grand'peine qu'on arriva à Nantoco, dans la vallée de Copiapo, où l'essayeur de l'établissement métallurgique de la localité reconnut la nature du bloc, qu'on avait pris pour de l'argent.

» D'après les renseignements donnés par M. Fonseca, la masse métallique gisait sur la pente occidentale de la Haute-Cordillère des Andes, entre le Rio-Juncal et les salines de Pedernal qui touchent aux marécages nommés Leoncita et La Ola, à 50 lieues en ligne directe, au nord-est de Paypote. « C'est, dit M. Domeyko, peut-être le fer qu'on a trouvé jusqu'à présent » dans la région la plus élevée des Andes; car elle avoisine la ligne de » faîte. » Toutefois, il n'est pas absolument certain qu'il ait été trouvé au point même de sa chute. M. Fonseca paraît même croire qu'il a été apporté des mines de l'autre versant des Andes par des mineurs qui, ne pouvant continuer leur voyage avec ce fardeau, l'ont déposé au milieu des pierres, dans l'intention de l'emporter plus tard.

» Le fer de Juncal a conservé presque en entier la surface qu'il avait au moment de sa découverte; cette surface n'a été entamée artificiellement sur aucun point.

» La forme du bloc est irrégulièrement conique; il a 48 centimètres de long, et sa base, un peu elliptique, a 19 centimètres de diamètre.

» La surface est très-remarquable par les nombreuses dépressions en forme de capsules, de largeur très-diverse, dont elle est presque complétement couverte, et que l'on connaît dans la plupart des autres fers météoriques.

» En outre, on y voit des sillons de forme sinueuse ou *vermiculures*, comme on les a signalées également déjà sur quelques fers, mais caractérisées ici d'une manière tout exceptionnelle.

» Ces vermiculures sont certainement dues à une érosion lente produite par les agents atmosphériques. La croûte a ainsi été détruite et a disparu sur la plus grande partie de la surface. Toutefois son existence primitive est incontestable, puisque cette croûte subsiste encore sur de nombreux points, où elle ne recouvre plus que des espaces très-limités. Elle constitue un émail noir, à rayure rougeâtre, présentant tout à fait le même aspect que la croûte du fer qui est tombé le 14 juillet 1847, à Braunau, en Bohême.

» Outre les vermiculures, l'érosion a fait apparaître de nombreuses lignes droites disposées par séries parallèles et se coupant sous des angles constants, conduisant souvent à des triangles équilatéraux, qui indiquent la cristallisation octaédrique de la masse. L'érosion lente a agi d'une manière analogue à l'acide que l'on emploie dans l'expérience de Widmanstætten, qui donne, comme on pouvait le prévoir, des figures très-nettes. Le réseau qui apparaît sur une lame polie que l'on soumet à l'action des acides ne le cède en rien à celui du fer de Caille, dont il reproduit la disposition, ainsi qu'on peut en juger par l'échantillon que je mets sous les yeux de l'Académie.

» Les figures produites par les lames brillantes rappellent également ce que l'on observe dans les fers de Schwetz, Red-River, Franklin County, Seneca Falls, Russel Gulch, etc.

» Pour compléter ce qui touche à l'aspect de la surface de la météorite de Juncal, il convient d'ajouter qu'il existe sur un point une cavité cylindroïde, visiblement due à la disparition d'un rognon de troïlite.

» Un échantillon, examiné au laboratoire de géologie du Muséum par M. S. Meunier, a donné une densité de 7,697 à 9°,5.

» M. Damour a bien voulu se charger d'étudier ce fer au point de vue chimique. Voici les résultats obtenus par ce savant chimiste :

Fer	0,9203
Nickel	0,0700
Cobalt	0,0062
Phosphore	0,0021
	0,9986

» Le soufre, le silicium et le carbone n'ont pas été recherchés.

II. — *Fer de la Cordillère de Deesa.*

» Le fer météorique trouvé dans la Cordillère de Deesa, près Santiago, est représenté au Muséum par deux échantillons, dont l'un pèse 800 grammes et l'autre 1^{kil},305.

» Le petit échantillon présente, à sa surface, l'aspect d'un agrégat peu cohérent, traversé par de nombreuses fissures qui lui donnent une structure granulaire; les grains sont anguleux et de la grosseur d'une tête d'épingle.

» Le principal échantillon n'offre pas cette surface granulaire et est, au contraire, très-cohérent. Sa forme, qui n'est probablement pas celle que la masse avait au moment de la chute, ne présente rien de particulier.

» Sur les surfaces polies, on remarque, avant tout, de nombreux fragments anguleux qui se distinguent sur le fond métallique et brillant par une couleur foncée et terne. Leurs dimensions, qui sont variables, ne dépassent pas 2 centimètres.

» Dans ces fragments, sont disséminés de très-petits grains de fer métallique, des rognons plus volumineux de troïlite et une substance foncée qui consiste principalement en silicate.

» Cette masse appartient donc au groupe des Syssidères, et par sa structure brèchiforme, elle a de l'analogie avec le fer si remarquable de Tula. Elle se rapproche plus encore du fer trouvé en 1840 à Hemalga, dans le désert de Talcahuayo, au Chili.

» La densité de ce fer est comprise entre 6,10 et 6,24, d'après M. Domeyko, qui a exécuté l'analyse chimique du fer de Deesa. Voici les résultats obtenus par ce savant :

» La partie pierreuse et silicatée, qui n'a d'ailleurs pas été analysée jusqu'ici, représente les 24 millièmes de la masse. Lorsqu'on attaque le fer par l'acide chlorhydrique faible, ce silicate fait partie du résidu.

» Ce résidu renferme, en outre, un phosphure double de fer et de

nickel, qu'on fait apparaître en passant à l'acide une plaque polie. Il se dessine alors à la surface sous forme de baguettes et de lignes à peu près circulaires, sans produire les figures régulières de Widmanstætten.

» Voici les nombres obtenus par M. Domeyko :

Fer	0,8717
Nickel	0,0875
Silicate insoluble	0,0240
Phosphure de fer et de nickel	0,0142
	0,9974

» Quant au phosphure il renferme :

Fer	0,6500
Nickel	0,2630
Phosphore	0,0870
	1,0000

» La troïlite ne figure pas dans l'analyse de M. Domeyko, ce qui montre quelle est très-inégalement répandue dans la masse.

» Elle renferme de petits grains lithoïdes brillants, qu'on y distingue au microscope. Ces grains, attaquables par l'acide chlorhydrique concentré, manquent dans le fer métallique. Ils paraissent exclusivement disséminés dans le sulfure, comme nous l'avons observé dans le fer de Charcas. D'après M. Stanislas Meunier, qui les a examinés chimiquement au laboratoire du Muséum, la solution ne contient que de la magnésie; mais la très-faible quantité de matière dont on pouvait disposer n'a pas permis de voir si elle offre la composition du péridot.

III. — *Fer d'une localité non indiquée du Chili.*

» Le dernier des fers météoriques du Chili, que nous avons cités, forme un échantillon de 280 grammes.

» Sa surface est noire, inégale et présente les cavités ou capsules habituelles. Il est malléable et tenace. Sa densité, prise au laboratoire du Muséum, est égale à 7,66. Enfin sa structure est très-compacte et ne présente aucune trace de matière pierreuse interposée.

» Il prend très-bien le poli, mais il ne donne pas les figures de Widmanstætten. Les acides y produisent un simple moiré, dans lequel sont disséminés quelques grains brillants, ayant l'aspect de la schreibersite et de très-petites parties noires, dont la nature n'est pas encore déterminée.

» Un échantillon de fer que M. Domeyko a attaqué par un acide lui a donné environ 4 pour 100 de résidu complétement insoluble dans l'eau

régale, et qui renferme plus de 16 pour 100 de nickel et à peine quelques traces de phosphore.

» La partie soluble, soumise à l'analyse, a donné à M. Domeyko 14,1 pour 100 de nickel et pas de cobalt. »

COSMOLOGIE. — *Fer météorique trouvé à San-Francisco del Mezquital, Durango, Mexique; par* **M. Daubrée.**

« Le fer de San-Francisco del Mezquital constitue un bloc du poids de 7 kilogrammes environ.

» Il offre une forme aplatie très-caractéristique.

» Sa longueur est de 28 centimètres, sa plus grande largeur de 13 centimètres, et son épaisseur seulement de 7 centimètres.

» En faisant abstraction des petits accidents, on remarque trois faces principales, dont deux sensiblement parallèles sont beaucoup plus grandes que la troisième, qui leur est à peu près perpendiculaire.

» Celle-ci, qui s'étend dans toute la longueur de l'échantillon et dont la largeur ne dépasse pas 5 centimètres, présente la circonstance intéressante d'être à peu près plane, et de rappeler ainsi, jusqu'à un certain point, la face analogue que j'ai signalée antérieurement sur le fer de Charcas. Elle contraste, sous ce rapport, avec les autres faces qui sont plus ou moins accidentées.

» Quand on voit le fer météorique, malgré sa ténacité et sa malléabilité, se présenter en masses de forme polyédrique, il est difficile de concevoir qu'une force, quelque énorme qu'on la suppose, ait pu produire des fragments de ce genre. Une autre conjecture consiste à supposer que ces formes résultent du moulage du fer au milieu de masses pierreuses dont il se serait détaché. On se trouve ainsi ramené à une idée émise par M. de Haidinger au sujet du fer de Tula (1).

» L'une des deux grandes faces présente une dépression à peu près circulaire, de 8 à 9 centimètres de diamètre, et dont la profondeur maxima est de près de 2 centimètres. Autour de cette cuvette, se voient de larges surfaces ondulées. Une partie de ces surfaces sont comme chagrinées par l'érosion atmosphérique qui a agi ici, comme sur la masse de Juncal, avec cette différence qu'elle a produit, non pas des vermiculures, mais un simple

(1) Wiener, *Acad. Bericht.*, t. XLII, p. 507; 1860.

pointillé inégal et grossier. Une cavité cylindroïde, de 5 millimètres de diamètre environ, indique l'existence d'un rognon de troïlite.

» La seconde grande face est beaucoup moins accidentée. Elle présente un rognon de troïlite de la même grosseur que le précédent.

» Outre ces faces principales, on peut en reconnaître deux autres beaucoup plus petites, obliques par rapport aux grandes faces, sensiblement parallèles, et situées aux deux extrémités de la plus grande longueur de l'échantillon.

» Le fer de San-Francisco del Mezquital appartient à M. le général de division Castelnau, aide de camp de l'Empereur, qui l'a rapporté du Mexique. Non-seulement il a bien voulu nous le communiquer avec une extrême obligeance, mais il nous a en outre généreusement autorisé à prélever un petit échantillon pour la collection du Muséum.

» Cette opération, en enlevant une partie détériorée, a permis d'observer la structure interne de la masse métallique.

» Le fer qui nous occupe prend admirablement le poli et acquiert ainsi un brillant spéculaire. La section que nous avons pratiquée a rencontré deux rognons de troïlite et une longue veine de même substance, traversant tout l'échantillon sur 7 centimètres de longueur et 2 millimètres d'épaisseur.

» Soumise à l'action de l'acide chlorhydrique, la surface polie n'a donné, que d'une manière très-imparfaite, les figures dites de Widmanstætten. Cependant, en examinant avec attention la partie attaquée, on reconnaît l'existence de longues lames de schreibersite, se détachant, par son éclat, sur le fond grenu du fer nickelé, et en outre, des petites aiguilles qui offrent toutes les apparences de la rhabdite, que M. Gustave Rose a fait connaître.

» La densité du fer de San-Francisco del Mezquital est égale à 7,835, à 11 degrés, d'après une mesure de M. Damour.

» Cet habile chimiste a trouvé, pour la composition chimique, les nombres suivants :

Fer	0,9338
Nickel	0,0589
Cobalt	0,0039
Phosphore	0,0023
	0,9989

» Cette composition, qui ne s'écarte pas sensiblement de la composition habituelle des fers météoriques, est très-voisine, comme on voit, de celle du fer de Juncal au Chili, qui vient d'être décrit. »

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *De la gomme et du tannin dans le* Conocephalus naucleiflorus; *par* **M. A. Trécul.**

« La famille des Artocarpées est généralement considérée comme composée de plantes lactescentes. Elle m'a cependant offert une exception. Le *Conocephalus naucleiflorus* ne renferme pas de vaisseaux à suc laiteux, mais des cellules gommeuses dans les parties les plus jeunes des rameaux, et des lacunes ou canaux pleins de gomme dans les parties un peu plus âgées. Ces canaux existent principalement dans l'écorce et dans la moelle des rameaux de ce végétal.

» Dans la partie la plus jeune d'une branche croissant avec beaucoup de vigueur, les cellules à gomme apparaissaient près du sommet, avant que l'on découvrît aucune trace d'amidon dans les cellules voisines. L'amidon ne commençait à se montrer que vers 4 centimètres au-dessous de ce sommet et dans l'écorce seulement, où des granules très-petits et rares encore occupaient les cellules de la région moyenne de cette écorce. Plus bas sur ce rameau et dans toute sa longueur, qui était de 35 centimètres, il n'y avait de même de l'amidon que dans la région moyenne ou vers la limite externe du tiers interne de l'écorce, et les grains amylacés les plus gros de cette partie inférieure n'avaient que $0^{mm},005$ de diamètre. Ils étaient plus petits encore dans l'écorce des parties placées plus haut. La moelle, au contraire, n'en montrait dans aucune de ses parties, bien que dans un rameau plus âgé il s'en trouvât dans la moelle comme dans l'écorce, et même dans le corps ligneux, ainsi que nous le verrons plus loin.

» Je viens de dire que le développement de la gomme est plus précoce, et que son apparition a lieu un peu au-dessous du sommet. Elle naît, à l'intérieur de la moelle et de l'écorce, dans des cellules un peu plus grandes que celles qui les entourent, et elles forment des groupes de deux ou de plusieurs cellules, fréquemment elliptiques, qui peuvent avoir dans le jeune âge de $0^{mm},08$ à $0^{mm},09$ de longueur, sur $0^{mm},05$ à $0^{mm},06$ de largeur, ou moins, et $0^{mm},14$ sur $0^{mm},09$, ou plus, suivant le nombre ou la dimension des utricules.

» Les cellules de chaque groupe paraissent tantôt libres, et tantôt entourées d'une utricule mère, dont la membrane peut avoir une certaine épaisseur. Ces cellules à gomme déjà plus grandes que les parenchymateuses qui les environnent, continuent de croître beaucoup plus longtemps que ces dernières. Dans un groupe de quatre cellules à gomme superposées,

chacune d'elles avait de $0^{mm},12$ à $0^{mm},15$ de longueur, sur $0^{mm},07$ de largeur, tandis que les cellules du parenchyme adjacent n'avaient que de $0^{mm},03$ à $0^{mm},05$ de longueur.

» Les plus jeunes de ces cellules à gomme renfermaient, avec un nucléus muni de son nucléole, un plasma finement granuleux, tout à fait soluble dans l'eau. Dans les cellules un peu plus âgées, le plasma se modifie. Augmentant de densité, il se transforme en une masse homogène, blanche, brillante, tantôt de la circonférence au centre, mais avec irrégularité, tantôt en commençant sur une partie seulement du pourtour de la cellule et en s'étendant ensuite graduellement, de sorte que sur une portion de la périphérie de la cellule, il peut rester de la matière finement granuleuse, qui semble persister à cet état.

» J'ai dit que le nombre des utricules ainsi pleines de mucilage, dans chaque groupe, n'est pas déterminé. Il peut y avoir seulement deux cellules, ou quatre, ou six ou davantage. J'ai observé des séries de douze et de vingt-quatre cellules, et il peut en exister de plus nombreuses; mais je ne saurais dire si dans ces derniers cas toutes les cellules constituantes ont formé le groupe initial, ou si la série, d'abord d'un petit nombre de cellules, s'est étendue progressivement par la modification de cellules adjacentes.

» Quoi qu'il en soit, le contenu de chaque cellule se comporte ordinairement comme je viens de l'exposer, c'est-à-dire qu'il se réunit en une masse homogène et brillante, qui peut occuper toute la cavité cellulaire, ou laisser à la périphérie des espaces irréguliers, fort remarquables par les fines granulations gommeuses qui les emplissent, et dont la teinte blonde dans l'alcool contraste avec le blanc brillant de la masse mucilagineuse principale.

» J'ai figuré avec cet aspect, dans la planche que je mets sous les yeux de l'Académie, un beau groupe de quatre cellules qui avait $0^{mm},50$ de longueur sur $0^{mm},07$ de largeur. Les cellules terminales étaient un peu rétrécies vers les deux extrémités du groupe. La belle masse gommeuse blanche que contenait chacune de ces quatre cellules, ayant été un peu contractée, permettait de distinguer les parois cellulaires et surtout les transversales, restées minces. Des séries de douze cellules offraient le même aspect, et chez quelques autres voisines, la substance gommeuse, étant beaucoup plus rare, avait subi une contraction plus considérable qui laissait de grands espaces vides de chaque côté des cloisons transversales, espaces qui atteignaient $0^{mm},07$ et $0^{mm},08$ de largeur; mais le plus souvent les cellules sont à peu près remplies par la matière mucilagineuse.

» Tel paraît être l'état le plus fréquent de cette substance à l'intérieur des cellules intactes. Quelquefois cependant le mucilage est autrement réparti dans les cellules qui le contiennent. Il peut former autour de celles-ci comme une couche de plasma homogène, en apparence moins dense, et à cause de cela plus grisâtre, moins blanc et moins brillant que dans les cas précédents, mais également soluble dans l'eau.

» Toutes les cellules gommeuses, pleines ou avec cavité centrale, qui viennent d'être décrites, ne restent pas à cet état. Les membranes se ramollissent et disparaissent, et le contenu des différentes cellules se fusionne.

» Avant d'en arriver là, on peut observer diverses phases intermédiaires. Dans quelques séries de cellules, la matière gommeuse, plus ou moins rare et contractée, laisse libres les parois cellulaires, au moins les transversales; dans d'autres séries d'utricules, la substance gommeuse subit un retrait d'un autre aspect, qui s'accuse : tantôt par des fentes longitudinales et plus ou moins recourbées, qui s'étendent du voisinage de la paroi supérieure transversale d'une cellule à la paroi inférieure; tantôt par des fentes obliques dont l'inflexion rappelle grossièrement les circonvolutions un peu écartées des spiricules des vaisseaux trachéens.

» A un moment donné, quel que soit l'aspect de cette matière, elle se ramollit, prend l'apparence d'une pâte molle qui coule dans les espaces vides. En même temps les parois cellulaires se modifient, se gonflent, se changent en gomme et disparaissent dans la masse générale.

» La planche que j'ai mise sous les yeux de l'Académie offre de ces états divers. Dans l'une des figures, on voit encore à la place d'une des cloisons transversales quelques stries qui représentent cette cloison en voie de transformation et de dissolution. Enfin, quand toute trace de ces parois cellulaires a disparu, les masses gommeuses des différentes cellules, s'allongeant comme une matière semi-fluide, glissent les unes sur les autres à la faveur des espaces libres, et puis se mêlent graduellement. Bientôt on n'a plus, dans tout le canal ainsi formé, qu'une substance continue, marquée de fines stries longitudinales, dans laquelle pourtant on peut trouver encore quelquefois çà et là des masses moins ramollies, qui finissent par se fusionner tout à fait avec le reste de la matière gommeuse.

» Dans un jeune rameau à végétation puissante, comme celui dont j'ai parlé, on rencontrait à la même hauteur, dans l'écorce et dans la moelle, à 4 centimètres du sommet, les états les plus différents, depuis de jeunes cellules gommeuses avec leur plasma finement granuleux et leur nucléus nucléolé, jusqu'à des canaux parfaits. A 9 centimètres du sommet étaient encore des

séries de cellules dans lesquelles les cloisons transversales étaient apparentes; mais plus bas je n'en ai pas aperçu (1). A la partie inférieure de ce rameau, j'ai obtenu de ces canaux qui, ayant été coupés, étaient incomplets aux deux extrémités, et qui, malgré cela, avaient plus de 5 millimètres de longueur sur $0^{mm},03$ à $0^{mm},05$ de largeur.

» Quand les canaux gommeux sont étroits, c'est qu'ils sont formés par l'unique rangée verticale de cellules qui les constituait dans les exemples que j'ai décrits précédemment. Il n'en paraît pas être de même à tous les âges, car j'ai observé, dans l'écorce d'un rameau plus vieux, des canaux gommeux qui avaient jusqu'à $0^{mm},20$ et $0^{mm},25$ de largeur. Ces derniers avaient dû être produits aux dépens des cellules avoisinantes gommifiées, mais je n'ai pas eu l'occasion de suivre leur modification dans cette circonstance. J'ai seulement observé fort souvent qu'autour des cellules gommeuses primitives, les cellules du parenchyme voisin, beaucoup plus petites, renfermaient une couche plasmatique homogène, épaisse, à surface interne inégale, qui avait tout l'aspect d'une couche gommeuse; cependant, qnand on remplaçait l'alcool de la préparation par de l'eau, cette couche ne se dissolvait pas. Je dois ajouter pourtant que les premières notes que j'ai prises sur cette plante signalent des exemples de dissolution; mais depuis j'ai vu ce plasma si souvent indissous, que j'en étais venu à douter de l'exactitude de ces premières observations. Les larges lacunes que je viens de mentionner, et aussi les canaux fort allongés que j'ai indiqués quelques lignes plus haut, semblent donner raison à ces premières notes.

» Je terminerai en disant que j'ai aperçu dans les stipules de beaux canaux pleins de gomme qui avaient jusqu'à $0^{mm},08$ à $0^{mm},13$ de largeur.

» Les rameaux du *Conocephalus naucleiflorus* sont encore dignes d'intérêt par la distribution du tannin qu'ils contiennent, car ce principe immédiat est également renfermé dans des utricules spéciales, qui sont répandues en grand nombre dans l'écorce, dans la moelle et dans le corps ligneux. Voici comment elles étaient réparties dans le jeune rameau dont je viens de faire connaître les canaux gommeux.

» Pendant une macération dans une solution de sulfate de fer qui fut prolongée du 8 septembre au 28 du même mois, ce sel accusa du tannin

(1) Il est clair qu'une végétation plus ou moins active doit modifier tous ces rapports de hauteur, et probablement aussi l'aspect même du contenu des cellules, en ce qui concerne la quantité de celui-ci.

dans une seule des deux espèces de poils dont ce rameau était revêtu à sa partie supérieure. Les poils dressés, pointus, à cellules un peu épaissies, n'en offraient pas, tandis que les poils à cellules obtuses et flexueuses, dont plusieurs partent de la même base, étaient fortement noircis.

» Près du bourgeon terminal il y avait aussi du tannin dans la région corticale périphérique, qui devait être plus tard le collenchyme, mais les cellules noircies étaient fort rares à la même hauteur dans l'écorce plus interne et dans la moelle. A 1 centimètre plus bas, des cellules noircies étaient éparses, dans la région du collenchyme, sur une zone beaucoup plus large, et leur nombre avait aussi beaucoup augmenté dans l'écorce interne, où elles étaient dispersées sur une ligne un peu irrégulière dans le voisinage du jeune cylindre vasculaire. (Je ne dis pas que cette ligne correspondait au tissu sous-libérien, parce que le liber n'était pas encore perceptible.) Le nombre des cellules tannifères s'était aussi considérablement accru dans la moelle. Toutes ces utricules étaient le plus souvent isolées, mais quelquefois plusieurs étaient contiguës et superposées.

» A 1 centimètre plus bas encore, les cellules à tannin du collenchyme étaient oblongues comme celles de ce tissu, et arrangées en séries d'un nombre variable d'éléments. Dans l'écorce interne les cellules tannifères, oblongues aussi, n'étaient pas disposées en séries régulières. Quelques cellules noircies existaient également au contact des vaisseaux de cette partie du rameau, qui étaient d'assez gros vaisseaux spiraux et annelés. Comme déjà un peu plus haut, les cellules à tannin de la moelle étaient nombreuses, isolées; ou bien deux, trois ou rarement quatre étaient superposées. Ressemblant aux autres cellules médullaires, elles étaient à peu près carrées ou assez souvent plus courtes que longues.

» A la base du jeune scion, c'est-à-dire à 35 centimètres du sommet, les cellules noircies étaient toujours nombreuses dans le collenchyme, très-rares ou presque nulles dans l'écorce moyenne, et en très-grand nombre dans l'écorce interne, où la plupart étaient en dedans du liber, quelques-unes entre les éléments de ce tissu, et d'autres en dehors de lui. Le liber de ce jeune rameau était très-peu développé par le nombre et par l'épaisseur de ses fibres. Là encore quelques cellules noircies étaient éparses dans la partie trachéenne des faisceaux. Enfin, elles étaient nombreuses dans la moelle, comme plus haut; mais ici, au bas du rameau, ces utricules tannifères étaient souvent deux, trois ou quatre fois plus longues que les cellules de cette moelle, quoiqu'une certaine quantité d'entre elles fussent encore de même dimension que les cellules environnantes.

» Dans un rameau plus âgé, d'un an ou plus, qui avait 12 millimètres de diamètre, les cellules tannifères étaient nombreuses dans le collenchyme formé de cellules assez élégamment et irrégulièrement épaissies. Elles étaient en grand nombre également dans le parenchyme cortical extralibérien, et entre les fibres du liber, qui elles-mêmes noircissaient quelquefois; mais dans le parenchyme cortical placé en dehors du liber, les cellules à tannin étaient ordinairement plus courtes que larges, comme les autres cellules de ce parenchyme, tandis que, dans la région libérienne, comme je l'ai dit déjà, elles sont oblongues, bien que de longueur et de largeur variables. Dans la moelle de ce rameau plus âgé, les cellules tannifères étaient très-rares; il n'en existait plus guère que quelques-unes vers le pourtour, et elles étaient courtes comme celles de cette région.

» La couche ligneuse du même rameau, dont la structure a de l'analogie avec celle de beaucoup de plantes du grand groupe des Urticées, avait 2 $\frac{1}{2}$ millimètres d'épaisseur. Sa coupe transversale offrait l'aspect d'un réseau ligneux figurant sept strates fibreuses concentriques, reliées entre elles de manière à constituer des mailles ou intervalles occupés par des cellules oblongues à parois minces. L'ensemble de ces mailles pleines de cellules non lignifiées simulait donc des zones interrompues, tantôt plus larges, tantôt plus étroites, à travers le corps fibro-vasculaire, et, parmi les cellules qui les composaient, étaient répandues sans ordre des utricules tannifères, qui contenaient des granules noircis de même dimension que les grains amylacés des cellules voisines. J'ai omis de les éprouver par l'iode, et, à cause de cela, je crois devoir rappeler qu'en 1865 j'ai signalé au pourtour de la moelle des *Rosa Eglanteria* et *sulphurea* des cellules dans lesquelles, le tannin étant rare, les grains amylacés devenaient seuls noirs sous l'influence du sel de fer (*Comptes rendus*, t. LX, p. 1037). »

ÉLECTRO-PHYSIOLOGIE. — *Recherches physico-chimiques appliquées à l'électro-physiologie; par* **M. Ch. Matteucci.**

« Les savants qui s'intéressent aux progrès de l'électro-physiologie n'auront pas tout à fait oublié dans quelle direction ont été poursuivies mes études, dans ces dernières années, et quelle est la voie que j'ai essayé d'ouvrir dans un champ encore si obscur, par mes dernières communications à l'Académie. Après avoir étudié pendant bien des années les phénomènes principaux de l'électro-physiologie et leurs lois, j'ai cru que le moment était

venu de rechercher quelle part peuvent avoir dans ces phénomènes les changements physiques et chimiques que le passage du courant électrique doit provoquer dans les muscles et dans les nerfs vivants, indépendamment de leurs propriétés vitales.

» C'est dans ce but que j'ai fait un grand nombre d'expériences sur le pouvoir électromoteur secondaire développé dans les nerfs par le passage du courant électrique. J'ai pu ainsi prouver que les polarités secondaires éveillées dans un nerf, comme dans tout corps humide, circulent dans le nerf après la cessation du courant voltaïque dans une direction déterminée, de manière à intervenir nécessairement dans les phénomènes physiologiques que le courant provoque à l'ouverture du circuit. On connaît toutes les hypothèses qu'on a faites pour s'expliquer les contractions violentes qui s'éveillent dans un animal lorsque le courant cesse de passer, et le peu de fruit qu'on a tiré de ces hypothèses. Au contraire, nous savons maintenant que le passage du courant électrique polarise un nerf comme il fait d'un fil de coton imbibé d'eau, ou de tout autre corps solide d'une structure capillaire et imbibé d'un liquide conducteur, et que cette polarisation donne lieu à un courant électrique qui circule au moment de l'ouverture du circuit : et puisque, dans une expérience bien connue d'électro-physiologie, le courant secondaire doit marcher dans le membre inverse de l'animal électrolysé juste dans la direction qui est la plus propre à exciter le nerf, il y a lieu d'attribuer à ce courant secondaire, c'est-à-dire à un fait physique très-connu, les contractions qui s'éveillent à l'ouverture du circuit.

» Je demande la permission de rappeler encore à l'Académie une autre application que j'ai faite tout dernièrement de ces principes. Un fil de platine très-mince, recouvert d'une couche humide formée d'un fil de coton ou de chanvre et imbibée d'une solution saline, est très-actif pour la production des polarités et des courants secondaires. On n'a qu'à poser ce fil sur deux électrodes quelconques et à y faire passer un courant électrique pendant un instant très-court, pour voir ensuite ce fil, mis en communication avec le galvanomètre, développer des courants secondaires très-intenses. Une expérience facile à répéter avec les papiers chimiques réactifs met en évidence la propagation des courants électriques dans ce conducteur et montre clairement comment ces phénomènes se produisent avec une si grande intensité. Si au lieu d'un fil de platine préparé comme je l'ai dit, on emploie un fil de zinc bien amalgamé, également enveloppé d'un fil de chanvre ou de coton, et si l'on emploie également pour liquide une solution neutre de sulfate de zinc, on voit alors que les phénomènes obtenus avec le platine ne se produisent

plus; et en effet on sait que les polarités secondaires ne se développent pas sur le fil de zinc ainsi préparé. En partant de ces analogies, je n'ai plus hésité à affirmer que les polarités secondaires interviennent dans l'*électrotone* des nerfs et qu'on doit voir, relativement à la propagation de l'électricité et à la distribution des effets électrolytiques ainsi formés, une analogie intime entre la structure du nerf et celle d'un fil de platine enveloppé d'une couche humide. Tout dernièrement encore, j'ai pu vérifier sur un fil de platine ainsi préparé, que la ligature et la section agissent dans le même sens que sur l'électrotone des nerfs, c'est-à-dire en affaiblissant notablement ce phénomène sans le détruire entièrement.

» Je vais maintenant entretenir l'Académie de nouvelles expériences tentées toujours dans la voie que j'ai décrite, c'est-à-dire en cherchant à rattacher les phénomènes électro-physiologiques à des effets physiques et chimiques déterminés par le passage du courant électrique.

» *Pouvoir électromoteur musculaire.* — L'existence et les lois principales de ce pouvoir, comme propriété du tissu musculaire vivant, sont aujourd'hui établies; mais nous sommes encore dans l'obscurité, quant à son origine et à ses analogies avec tous les électromoteurs connus. On peut même ajouter que les derniers travaux sur la fonction de l'organe électrique de la torpille n'ont pas contribué à nous faire comprendre mieux la propriété électrique des muscles. Au contraire, en faisant voir que l'organe produit constamment de l'électricité et que cette production s'exalte d'une manière persistante après les décharges de l'organe, tandis que la contraction affaiblit le courant musculaire, on ne peut plus se fonder sur l'analogie qui paraissait d'abord exister entre ces deux fonctions physiologiques. Nous savons seulement, depuis longtemps, que l'électricité musculaire varie avec la propriété que les physiologistes appellent *irritabilité*. Les grenouilles qui sont restées pendant un certain temps dans l'eau privée d'air et couverte d'une couche d'huile, ou dans l'eau contenant en dissolution de l'acide carbonique, sans attendre qu'elles aient perdu leur vivacité ordinaire, ont cependant leur pouvoir électromoteur musculaire considérablement affaibli. Toutes ces expériences se font d'une manière sûre et facile, en opposant, dans le circuit du galvanomètre, des éléments musculaires à l'état naturel à d'autres éléments semblables qui ont subi une certaine modification. De cette manière, il est facile de découvrir les effets produits dans le pouvoir électromoteur musculaire par un séjour prolongé des grenouilles dans l'air raréfié ou dans le gaz hydrogène. Le courant musculaire persiste toujours dans les muscles de ces gre-

nouilles; mais lorsqu'on oppose ces muscles à des muscles semblables de grenouilles restées à l'état naturel, on obtient constamment un courant différentiel très-fort et persistant, dû à ces derniers.

» Évidemment ces expériences nous amèneraient à supposer que les actions chimiques de la respiration musculaire interviennent dans la production de l'électricité, et cette hypothèse est certainement d'accord avec ce fait que le muscle qu'on a fait contracter est devenu, d'une manière persistante, moins électromoteur que le muscle laissé en repos. On connaît une belle expérience de M. Cl. Bernard, démontrant qu'on trouve, après la contraction musculaire, le sang artériel privé d'oxygène et chargé d'acide carbonique.

» Voici encore une expérience qui, d'une manière sûre, nous conduirait aux mêmes conclusions. On prend un certain nombre de grosses grenouilles, on les fixe par les membres supérieurs au bord d'une table, et on suspend à une des pattes, à l'aide d'un crochet, un poids de 50 ou 60 grammes qui tende le membre, en laissant libre l'autre membre. Après trente ou quarante minutes et même une heure, on prépare ces grenouilles de manière à former deux piles de demi-cuisses, qu'on met en opposition pour avoir le courant différentiel; une des piles est formée avec les muscles qui ont été chargés du poids, l'autre avec les muscles libres. On trouve ainsi un courant différentiel très-fort et très-persistant, dans le sens du courant des muscles qui n'ont pas travaillé.

» Dans le même but et toujours par la même méthode, j'ai étudié quelle était l'influence de la chaleur et du contact plus ou moins prolongé de l'air avec l'intérieur du muscle sur son pouvoir électromoteur. Pour cela, je coupe à moitié un certain nombre de grenouilles, je laisse un des groupes ainsi formés à la température ordinaire, qui était de + 8 degrés centigrades; je place l'autre groupe dans de l'air chauffé à + 40 degrés centigrades, et je le maintiens à cette température pendant trente ou quarante minutes. Un grand nombre d'expériences ainsi faites, soit sur des gastrocnémiens, soit sur des demi-cuisses, ne laissent aucune incertitude sur la diminution notable de l'électricité musculaire due à ce léger échauffement.

» Il est également facile de s'assurer que la section tranversale *fraîche* d'un muscle a constamment un pouvoir électromoteur plus fort que la section laissée à l'air pendant un certain temps. Cette différence augmente à mesure qu'on laisse écouler plus de temps entre les deux préparations. Il faut pour cela couper à un certain nombre de grenouilles une des cuisses à moitié, sans enlever la peau et laisser passer vingt minutes, une heure et

même cinq à six heures, et puis préparer rapidement les deux piles opposées, l'une formée d'éléments dont la section est fraîche, l'autre formée d'éléments dont la section a été exposée à l'air pendant un certain temps. On obtient toujours un courant différentiel très-fort dont le sens est celui de la pile des éléments à section fraîche.

» On parvient même, en renouvelant la section tantôt d'une pile et tantôt de l'autre, à faire prévaloir tantôt l'une, tantôt l'autre de ces piles, et toujours celle où la section est fraîche.

» Il était naturel de rechercher quelles sont les réactions chimiques que présentent les muscles des grenouilles dans ces différents cas, et quelle pourrait être l'influence de ces réactions sur l'électricité des muscles.

» Il est facile de s'assurer de l'existence de ces réactions chimiques; on n'a pour cela qu'à préparer rapidement une grenouille à la manière de Galvani, et à la poser ensuite sur des papiers de tournesol bleus et rouges. On ne tarde pas à voir que le papier bleu ne montre aucun changement, du moins pendant les premières vingt ou trente minutes; le papier rouge, au contraire, devient bleu presque immédiatement sous le tendon d'Achille et sous l'articulation de la cuisse. Ces changements marquent en quelque sorte la position des membres de la grenouille. La même chose arrive sur des jambes de poulet et de lapin. En un mot, les extrémités tendineuses immédiatement après la mort présentent une réaction décidément alcaline, tandis que la surface des muscles est neutre.

» Voyons maintenant ce qui arrive pour l'intérieur du muscle. La section intérieure ou transversale fraîchement formée sur les cuisses de grenouille est neutre, ou, dans un grand nombre de cas, légèrement alcaline. Dans les muscles des animaux supérieurs, cette réaction se voit plus rarement.

» Si on laisse à l'air ces muscles entiers, coupés en travers, les phénomènes chimiques changent entièrement; pour les muscles des oiseaux et des mammifères, ce changement est plus rapide; il est encore accéléré par l'action de la chaleur. L'intérieur des muscles, même quelques minutes après avoir été mis à découvert, présente la réaction acide; cette réaction augmente avec le temps. Pour les muscles des animaux à sang chaud, elle se produit plus rapidement. J'ai fait beaucoup d'expériences pour m'assurer si le contact de l'air atmosphérique avec l'intérieur du muscle est nécessaire pour que cette réaction se manifeste. Je crois m'être assuré que, pour les muscles de grenouille, l'acidité est plus lente à se produire dans le vide de la machine pneumatique que dans l'air; mais il est certain qu'en coupant les muscles de poulet ou de lapin peu de temps après la mort, et les

muscles de grenouille cinq à six heures après, on trouve déjà la réaction acide, tandis que cette réaction manque pour la surface des muscles et pour les tendons.

» On doit maintenant se demander quel est le rôle que ces réactions chimiques naturelles des muscles peuvent exercer sur leur pouvoir électromoteur. Je me garderai bien pour le moment d'entretenir l'Académie de tous les doutes que cette question soulève, et je dois me borner à ajouter que, d'après les expériences que j'ai rapportées dans ce Mémoire, cette question est du plus haut intérêt pour la théorie des phénomènes électro-physiologiques.

» Il y a pourtant un point sur lequel je n'hésite pas à me prononcer, dès ce moment. Il suffit d'avoir disposé l'expérience de deux piles de demi-cuisses opposées, et donnant un courant différentiel nul ou très-faible, pour obtenir tantôt sur l'une, tantôt sur l'autre de ces piles, *une diminution immédiate et très-marquée* de son pouvoir électromoteur en mouillant les sections transversales des éléments avec une solution d'acide citrique ou acétique. On ne peut donc se refuser à admettre que l'acidité qui se produit après la mort dans le muscle, et surtout dans la couche externe de la section transversale, doit être considérée comme la cause de la diminution et de la perte du pouvoir électromoteur des muscles des animaux tués. Je n'insisterai pas pour démontrer que l'influence produite par les différences de température, par les contractions préalables, enfin par l'emploi de muscles pris sur des animaux présentant différents degrés d'irritabilité, ne sont plus que la conséquence nécessaire de cette explication.

» J'aurai l'honneur de communiquer plus tard à l'Académie les recherches que je ne manquerai pas de faire pour décider jusqu'à quel point les réactions chimiques trouvées dans les muscles interviennent dans leurs propriétés électriques à l'état de vie.

» Il faut aussi tenir compte, dans l'explication de ces propriétés, des phénomènes extrêmement curieux et encore si obscurs que notre illustre et infatigable confrère, M. Becquerel, vient de découvrir et qu'il a nommés *actions électro-capillaires*. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'hiver de 1868 au Jardin des Plantes de Montpellier; par* **M. Ch. Martins.**

« Il y a maintenant dix-sept ans que des observations météorologiques suivies se font au Jardin des Plantes de Montpellier. L'hiver qui vient de

finir étant un des plus rigoureux qu'il ait traversés dans ce laps de temps, j'ai cru intéressant de le comparer aux seize hivers qui l'ont précédé. Le Jardin des Plantes étant au nord de la colline du Peyrou et dans le point le plus bas des alentours de la ville, il en résulte que son climat est plus froid que celui des quartiers situés au sud de la colline ou à un niveau plus élevé. En effet, j'ai montré ailleurs (1) que, dans les nuits calmes et sereines, qui sont aussi les plus froides, il y a toujours *accroissement* de la température avec la hauteur dans la région inférieure de l'atmosphère. A Montpellier, cet accroissement est en moyenne de 5°,26 pour une différence de niveau de $49^{m},4$ ou de 0°,11 par mètre. D'autres expériences m'ont prouvé que, de deux thermomètres à minima identiques et semblablement placés à la même hauteur au-dessus du sol, l'un dans la partie basse du Jardin des Plantes, l'autre au square du Chemin de fer, situé au sud de la colline du Peyrou, le second, dans les nuits froides, se tenait à 4°,8 au-dessus du premier. Aussi, dans l'état actuel de la climatologie, les nombres qui expriment la température d'une ville doivent-ils être toujours acceptés avec une certaine réserve et considérés comme approximatifs, car ils ne traduisent que les températures de l'air qui entoure immédiatement les instruments observés. Les chiffres que je vais donner indiquent les limites extrêmes de froid observées au Jardin des Plantes, et ils ont l'avantage de représenter les froids extrêmes constatés dans le voisinage immédiat de la ville de Montpellier.

» On sait que l'hiver météorologique se compose des mois de décembre, janvier et février, je ne parlerai donc avec détail que de ces trois mois. Cependant le froid fut précoce : le mois de novembre comptait déjà quinze jours de gelée, son *minimum* moyen fut de 1°,05 et le thermomètre descendit une nuit à −9°,1. Ceci dit, il ne sera plus question dans la suite de cet extrait que des trois mois de l'hiver météorologique. La température moyenne de cette saison, conclue des dix-sept années d'observations, est de 5°,53 centigrades; celle de l'hiver dernier a été de 4°,37. Deux hivers seulement, 1854 (4°,20) et 1864 (4°,23), ont eu une moyenne inférieure à la dernière. La moyenne générale des *minima* de chaque jour ou *minimum moyen*, véritable expression du froid pendant les dix-sept années, est de 0°,44. Dans le dernier hiver ce minimum est descendu à −1°,89. Si j'étudie les autres hivers, je n'en trouve pas un seul dont le minimum

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 31 décembre 1860, et *Mémoires de l'Académie des Sciences de Montpellier*, t. V, p. 47; 1861.

moyen soit aussi bas : en effet, ceux de 1854 et de 1864 ne sont que de — 0°,95 et — 0°,84. Ces nombres prouvent que, quoique la moyenne hivernale de 1868 soit supérieure à celles de 1854 et 1864, le froid a été plus continu et généralement plus intense que dans les deux hivers précités. La considération des nuits de gelée achèvera la démonstration. Le nombre moyen de ces nuits, calculé sur dix-sept ans, est, au Jardin des Plantes, de 44; or, en 1868, il a été de 58 et plus grand que dans aucun des hivers précédents. Ceux de 1852, 1854 et 1864 n'en ont eu, les deux premiers, que 53, le troisième 55.

» Le plus grand froid ou minimum absolu indiqué par le thermomètre de Six a été de — 11°,9 dans la nuit du 5 au 6 janvier 1868. J'ai enregistré des températures plus basses. Le thermomètre est descendu à — 12°,0 le 15 février 1854; à — 16°,0 le 5 janvier 1855, et à — 11°,8 le 5 janvier 1864. Ainsi depuis dix-sept ans il y a eu trois hivers dans lesquels le minimum absolu a été plus bas qu'en 1868.

» Etudions maintenant la chaleur relative de l'hiver qui vient de s'écouler. Le *maximum moyen* de la température déduit des dix-sept années est de 10°,62. Le maximum moyen de 1868 ayant été 10°,64, nous affirmons que les chaleurs de cet hiver n'ont pas été moindres qu'elles ne le sont en général et même plus fortes que dans les hivers de 1854, 1855, 1858, 1860, 1864 et 1865. Ce sont ces chaleurs qui ont relevé la moyenne de l'hiver dernier et compensé jusqu'à un certain point la continuité et l'intensité du froid.

» Si nous calculons la différence moyenne entre le minimum de la nuit et le maximum du jour, ou l'amplitude de l'oscillation diurne, nous trouvons qu'elle est en général pendant l'hiver de 10°,18. Dans celui de 1868 cette amplitude s'est élevée à 13°,31 et en février à 16°,2. Les nuits froides étaient donc suivies de journées relativement très-chaudes.

» Les températures les plus élevées ou les maxima *absolus* observés à l'ombre ont été 17°,5 le 14 décembre; 16°,0 le 16 janvier, et 19°,5 les 5 et 26 février.

» Si l'hiver de 1868 n'est point unique sous le point de vue de la température, il l'est sous celui de la sécheresse. La quantité de pluie qui tombe moyennement en hiver à Montpellier est de 210 millimètres. Le dernier hiver il en est tombé 33 seulement, même en tenant compte de l'eau produite par la fusion de la neige. Les deux hivers les plus secs après celui-ci ont été 1852 et 1859. Dans le premier il est tombé 63 millimètres d'eau, dans le second 113. Malheureusement encore, l'hiver si sec que nous venons

de traverser a été précédé d'un automne, d'un été et d'un printemps qui l'étaient également; car dans ces trois saisons la terre n'a reçu que 327 millimètres d'eau, quantité insignifiante pour alimenter les sources et les petits cours d'eau de nos environs.

» Une seule et même cause générale explique tous les phénomènes météorologiques que nous venons d'analyser, c'est la persistance des vents de nord-ouest (*mistral*) et de nord qui ont soufflé pendant soixante-deux jours sur quatre-vingt-onze. Ceux qui se rattachaient aux courants généraux conservaient encore, en arrivant sur les bords de la Méditerranée, la température des régions septentrionales de l'Europe où régnait un froid intense. Les autres brises locales et intermittentes nées sur les plateaux couverts de neige des Cévennes, des montagnes de la Lozère et de l'Aveyron, descendaient vers le rivage de la mer en refoulant l'air plus chaud de la plaine. Le ciel, d'une admirable sérénité, favorisait pendant la nuit le rayonnement nocturne; la terre se refroidissait et refroidissait ensuite de proche en proche les couches d'air en contact avec elle. Mais dès que le soleil se levait dans un ciel sans nuages, le sol se réchauffait peu à peu, et la température de l'air s'élevait à son tour. De là, ces différences entre les températures du jour et celles de la nuit; de là, l'amplitude extraordinaire de la variation diurne; de là, ces nuits froides suivies de journées chaudes, contrastes caractéristiques de tous les climats de la région méditerranéenne. Les vents pluvieux sont à Montpellier, surtout le sud-est, le sud, puis l'est et le nord-est. La persistance des vents du nord-ouest explique donc l'absence de pluie, et souvent nous avons vu les nuages qui s'élevaient de la mer chassés ou dissipés par leur souffle puissant. De là encore la sécheresse exceptionnelle de cet hiver. Au début de la saison froide, elle a été un bienfait. La végétation, déjà ralentie par les gelées de novembre, s'est arrêtée complétement. En effet, la sécheresse de l'air et le froid continu ne favorisaient pas le gonflement des bourgeons, et les racines ne trouvaient pas dans le sol desséché les éléments liquides de la séve printanière; aussi les figuiers, les oliviers, les lauriers, les mûriers et la vigne n'ont-ils point ou très-peu souffert, malgré la continuité et l'intensité du froid. Certaines plantes, gorgées de sucs, telles que: *Agave americana*, *A. filifera*, *Opuntia inermis*, *Cereus peruvianus*, qui supportent très-bien les hivers ordinaires de Montpellier, ont été frappées dans leurs parties aériennes; mais les grands exemplaires de quatre espèces de palmiers: *Sabal Adansoni*, *Jubœa spectabilis*, *Chamœrops humilis* et *Ch. excelsa* et du *Dasylirion gracile* n'ont été atteints que dans celles de leurs feuilles qui étaient les plus rapprochées du sol. Il en eût été autrement si la terre avait été

humide ou si les gelées étaient survenues brusquement. Les causes de mort des végétaux en hiver sont plus complexes qu'on ne le croit généralement, et désormais on devra renoncer à mettre à côté de chaque arbre le degré thermométrique qu'il ne peut supporter sans périr. L'époque de l'année, l'humidité du sol ou de l'air, le mode d'invasion, la continuité ou l'intermittence du froid peuvent faire varier ces nombres de plusieurs unités.

» Le tableau suivant résume les divers éléments météorologiques de l'hiver dont nous venons d'esquisser les traits principaux.

Hiver de 1868 au Jardin des Plantes de Montpellier comparé aux seize hivers qui l'ont précédé.

	DÉCEMBRE		JANVIER		FÉVRIER		HIVER	
	1867.	1851 à 1867.	1868.	1852 à 1868.	1868.	1852 à 1868.	1868.	1852 à 1868.
Températures moyennes	3°,60	5°,35	2°,85	5°,06	6°,67	6°,17	4°,37	5°,53
Moyennes des minima	— 1,97	0,52	— 2,69	0,17	— 1,02	0,62	— 1,89	0,44
Minima absolus	—10,9	—10,9	—11,9	—16,0	— 6,0	—11,0	—11,9	—16,0
Moyennes des maxima	9,17	10,19	8,40	9,94	14,36	11,73	10,64	10,62
Maxima absolus	17,5	17,5	16,0	18,0	19,5	19,5	19,5	19,5
Oscillation diurne moyenne	11,09	9,67	12,63	9,77	16,2	11,11	13,31	10,18
Nombre de jours de gelée	22	15	18	15	18	14	58	44
Quantités de pluie	6mm	57mm	27mm	72mm	0mm	87mm	33mm	210mm

ASTRONOMIE. — *Sur le dernier travail de* M. Foucault; *par* **M. A. d'Abbadie.**

« Quelque admirables que soient les procédés trouvés par M. Foucault pour tailler et polir les grands objectifs, on peut encore se demander si la pratique a confirmé ses brillantes prévisions. Je suis heureux de pouvoir citer une expérience sérieuse, faite sur l'objectif destiné à l'équatorial de Lima, par M. Bruhns, directeur de l'Observatoire de Leipzig; par M. Forster, directeur de celui de Berlin; par M. Radau, qui a beaucoup observé à Königsberg; enfin par M. Colledo, astronome du Pérou, et possesseur de l'objectif de 19 centimètres qui est le dernier travail achevé par notre défunt confrère.

» Pour essayer un objectif sur le ciel, on le dirige sur un astre difficile à bien définir; mais l'état de l'atmosphère jouant le rôle d'inconnu dans cet examen, on est souvent réduit à des souvenirs comparatifs, ou bien l'on est

forcé d'observer les mêmes objets un grand nombre de fois dans des circonstances diverses et à des jours différents. En effet, il arrive rarement qu'on puisse comparer une grande lunette directement avec une autre de même dimension. Heureusement M. Colledo avait acquis un second objectif du même diamètre, de 19 centimètres, et fourni par MM. Merz et Mahler, de Munich : ces constructeurs ont une réputation européenne et n'auraient pas envoyé à Paris un objectif indigne de leur brillant renom comme opticiens. Les deux lunettes furent mises côte à côte et dirigées successivement, au mois d'août dernier, sur les bandes de Jupiter, sur γ d'Andromède et sur une autre étoile double. Les quatre astronomes furent unanimes à reconnaître que l'objectif français l'emportait évidemment sur celui de Munich.

» On sait que les astronomes observateurs seraient plus nombreux sans la cherté des instruments qui leur sont nécessaires. La considération du prix, quoique vulgaire plutôt que scientifique, n'est donc point à dédaigner. Or la précision des procédés de M. Foucault l'affranchissant des tâtonnements ordinaires, il a pu faire établir le prix de son objectif à un sixième au-dessous de celui de Munich, bien que la main-d'œuvre soit moins chère dans cette dernière ville qu'elle ne l'est aujourd'hui à Paris.

» Je voulais laisser à l'inventeur le plaisir de vous annoncer lui-même son premier triomphe dans la construction des grandes lunettes astronomiques. Mais il n'est plus là pour vous raconter sa découverte; je prie donc l'Académie d'insérer cette communication dans les *Comptes rendus*, comme un hommage déposé sur la tombe de Léon Foucault. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Associé étranger en remplacement de *M. Faraday*.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votans étant 51,

M. Murchison obtient	21	suffrages.
M. Matteucci	9	»
M. Kummer	7	»
M. Martius	6	»
M. Bunsen	4	»
M. Agassiz	1	»
M. Airy	1	»
M. Tchebychef	1	»

Il y a un billet blanc.

Aucun des candidats n'ayant réuni la majorité absolue des suffrages, il est procédé à un second tour de scrutin. Le nombre des votants étant 50,

M. Murchison obtient.	. . . .	30 suffrages.
M. Matteucci.	. . . .	12 »
M. Kummer.	. . . .	7 »
M. Bunsen	. . . .	1 »

M. Murchison, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Sa nomination sera soumise à l'approbation de l'Empereur.

RAPPORTS.

GÉOMÉTRIE. — *Sur le déplacement d'une figure de forme invariable. Nouvelle Méthode des Normales; applications diverses; par* **M. Mannheim.**

(Commissaires : MM. Bertrand, Bonnet, Chasles rapporteur.)

« On s'est beaucoup occupé, depuis une vingtaine d'années, au point de vue géométrique, du déplacement infiniment petit d'un corps solide dans l'espace. On a fait connaître de nombreuses propriétés concernant soit les trajectoires des différents points du corps pris sur des droites, des plans ou des surfaces, soit les différentes manières de produire le déplacement par des translations et des rotations.

» Mais dans cette question on n'a considéré généralement jusqu'ici que le déplacement en lui-même, abstraction faite des conditions géométriques qui le déterminent, conditions qui peuvent être très-diverses : ce seront, par exemple, que des points du corps glissent sur des lignes ou des surfaces; que des lignes ou des surfaces entraînées par le corps passent par des points, ou touchent des lignes ou des surfaces, etc., etc.

» On ne trouverait que quelques cas bien rares où l'on ait considéré ainsi quelques conditions de déplacement.

» Cette question cependant est fort importante. Le cas du simple déplacement d'une figure plane sur son plan en offre une preuve frappante. En effet, on sait qu'ayant reconnu dans ce déplacement l'existence d'un certain point qui reste fixe, on a conclu de là immédiatement une méthode des tangentes, puis aussi des centres de courbure, d'un grand nombre de courbes qu'on peut regarder comme décrites dans le mouvement d'une figure de forme invariable, déterminé par certaines conditions. On est donc induit à penser que le déplacement d'une figure dans l'espace pourra de même pro-

curer la solution de pareilles questions dans la théorie générale des lignes et des surfaces courbes.

» C'est cette étude du déplacement ou plutôt des déplacements divers d'un corps, compatibles avec des conditions données, que M. Mannheim s'est proposée, après s'être préparé à surmonter les difficultés de ce travail par la solution de très-nombreuses questions se rattachant au déplacement d'une figure plane (1).

» Le Mémoire dont nous avons à rendre compte comprend deux parties. Dans la première, l'auteur traite du déplacement d'un corps soumis à cinq conditions, puis des déplacements divers compatibles avec quatre conditions, ou trois seulement.

» La seconde partie contient l'application des résultats obtenus dans la première à la solution de questions toutes relatives à la théorie des lignes et des surfaces courbes.

» Il convient de rappeler d'abord quelques propriétés fort simples du déplacement infiniment petit d'une figure dans l'espace, sur lesquelles reposent les considérations qui vont suivre.

» Dans le déplacement infiniment petit d'un corps, les *plans normaux aux trajectoires des points d'un plan* passent tous par un même point du plan. Ce point, qu'on a nommé le *foyer* du plan, se distingue de tous les autres en ce que sa trajectoire est normale au plan. Réciproquement : Tous les plans menés par un même point ont leurs foyers dans le plan normal à la trajectoire du point.

» Il existe dans un plan une certaine droite dont tous les points ont leurs trajectoires dans le plan même; cette droite a été appelée la *caractéristique* du plan, parce qu'elle est l'intersection de deux positions consécutives du plan. Cette droite est tangente à la trajectoire d'un de ses points.

» Les plans menés par une droite quelconque du corps ont leurs foyers sur une autre droite; et réciproquement, les plans menés par celle-ci ont leurs foyers sur la première. Ces deux droites ont été nommées *droites conjuguées*. Le déplacement du corps peut être produit par deux rotations simultanées ou successives autour des deux droites.

» Ces couples de droites jouissent de nombreuses propriétés qui sont d'une très-grande importance dans toute cette théorie du déplacement d'un

---

(1) *Journal de l'École Polytechnique*, XXXVIIe cahier, p. 179. — *Journal de Mathématiques*, 2e série, t. IV, p. 93. — *Annali di Matematica*, t. II, p. 208. — *Nouvelles Annales de Mathématiques*, t. XVI, p. 322. — *Traité de Cinématique* de Bour, p. 46-60.

corps dans l'espace. Nous énoncerons simplement celle-ci : Les droites sur lesquelles se mesurent les plus courtes distances des couples de droites conjuguées s'appuient toutes sur une même droite à laquelle elles sont perpendiculaires. Cette droite, unique dans le corps, n'a de déplacement que dans sa propre direction, c'est-à-dire qu'elle glisse sur elle-même; de sorte que le corps tourne autour de la droite. C'est ainsi que tout déplacement infiniment petit d'un corps libre dans l'espace est le même que le mouvement d'une vis dans son écrou. La droite a été nommée *axe de rotation* ou *axe du déplacement*.

» On voit immédiatement que les trajectoires de tous les points d'une droite parallèle à cet axe sont égales et parallèles, et que la droite *conjuguée* est à l'infini.

» Ajoutons que la conjuguée d'une droite menée par le foyer d'un plan est située dans le plan, et que, si la droite est perpendiculaire au plan, sa conjuguée est la caractéristique du plan.

» Toute droite qui s'appuie sur deux droites conjuguées D, Δ, est elle-même sa conjuguée. Car les plans normaux aux trajectoires des deux points de la droite situés sur D et Δ passent par la droite. Il s'ensuit que toute droite qui s'appuie sur deux droites conjuguées D, Δ, est normale aux trajectoires de tous ses points.

» On peut dire encore que, lorsqu'une normale à la trajectoire d'un point rencontre une droite D, elle rencontre aussi la conjuguée Δ.

» On conclut de là que : Les deux droites qui s'appuient sur quatre normales aux trajectoires de quatre points sont toujours deux droites conjuguées.

» C'est ce théorème surtout qui conduit à la Méthode des Normales qui fait l'objet principal du Mémoire de M. Mannheim.

» Lorsqu'un plan, dans ses deux positions consécutives, passe successivement par deux génératrices consécutives d'une surface réglée, sa caractéristique passe par le point où il touche la surface.

» Indépendamment du *foyer* et de la *caractéristique* d'un plan, qui sont le point et la droite particulièrement remarquables dans le déplacement du plan, M. Mannheim considère une autre droite qu'il appelle l'*adjointe* au plan; c'est la droite parallèle à l'axe du déplacement, menée par le *foyer* du plan. Il fait voir que, lorsque deux plans sont perpendiculaires, l'adjointe de l'un est située dans le plan perpendiculaire à l'autre, mené par la caractéristique de celui-ci.

» La plupart de ces propositions étaient déjà connues et faisaient suite à

l'étude du déplacement d'une figure plane sur son plan, et du centre instantané de rotation. M. Mannheim aborde directement la question de l'espace, sans supposer connue l'existence de ce point.

» Passons à l'objet principal de son Mémoire.

» Il traite d'abord du nombre des conditions nécessaires pour déterminer le déplacement d'un corps dans l'espace.

» Six conditions assurent l'immobilité du corps.

» Par exemple, qu'on prenne une droite du corps; quatre éléments ou conditions déterminent la position de cette droite; une cinquième condition exprimera que la droite ne peut glisser sur elle-même, et une sixième, que le corps ne peut tourner autour de la droite.

» Effectivement, en Mécanique, les conditions d'équilibre d'un système de forces s'expriment par six équations.

» D'après cela, cinq conditions déterminent un déplacement du corps.

» Dans le déplacement, chaque point du corps prend une direction unique, et décrit une ligne déterminée.

» Quatre conditions permettent d'effectuer le déplacement d'une infinité de manières : chaque point, en général, peut se déplacer dans une infinité de directions sur une surface déterminée. Mais pour certains points exceptionnels, la direction du déplacement est unique.

» Trois conditions permettent de donner, en général, à un point de la figure un déplacement arbitraire. Mais certains points font exception et ne peuvent se déplacer que sur des surfaces. M. Mannheim montre l'existence de ces points, par la considération des conditions *complémentaires*. Il appelle ainsi les conditions qu'il faut ajouter à des conditions données pour assurer l'immobilité d'une figure.

» Le nombre de ces conditions complémentaires peut n'être pas le même pour tous les points de la figure.

» *Exemple.* — Un angle trièdre trirectangle qui doit être circonscrit à un ellipsoïde se trouve assujetti à trois conditions. Un point quelconque lié invariablement au trièdre nécessite trois conditions complémentaires, tandis que pour le sommet il ne faut que deux conditions pour assurer son immobilité.

» Les diverses conditions du mouvement d'un corps que considère M. Mannheim concernent des points, des courbes ou des surfaces de la figure mobile, et des points, des courbes et des surfaces fixes.

» Ainsi :

» 1° Un point est assujetti à rester sur une surface fixe; ou, inversement, une surface du corps doit glisser sur un point fixe;

» 2° Une courbe est assujettie à toucher une surface fixe; ou, inversement, une surface est assujettie à toucher une courbe fixe;

» 3° Une courbe mobile est assujettie à rencontrer une courbe fixe;

» 4° Une surface est assujettie à toucher une surface fixe.

» Chacune de ces conditions, autre que la première, peut se remplacer par une condition semblable à la première, c'est-à-dire par la condition qu'un point du corps glisse sur une surface.

» De sorte qu'il suffit de traiter des questions dans lesquelles le mouvement de la figure sera déterminé par la condition que des points glissent sur des surfaces.

» Ces questions sont le sujet d'un paragraphe intitulé *Méthode des Normales*. M. Mannheim résout, en premier lieu, les deux problèmes suivants, auxquels se ramènent les questions de déplacement définies par les conditions précédentes :

» PREMIER PROBLÈME. — *Cinq points d'une figure devant se déplacer sur cinq surfaces; trouver:* 1° *le plan normal à la trajectoire d'un point quelconque de la figure;* 2° *la normale en un point de la surface décrite par une courbe;* 3° *la courbe suivant laquelle une surface touche son enveloppe* (c'est-à-dire la courbe suivant laquelle une surface, après le déplacement, coupe sa position primitive); 4° *l'axe du déplacemeut de la figure*, et 5° *le pas de l'hélice décrite par un point.*

» DEUXIÈME PROBLÈME. — *Quatre points d'une figure étant assujettis à se déplacer sur quatre surfaces; construire :* 1° *la normale à la surface sur laquelle peut se déplacer un point quelconque;* 2° *les points où une surface touche le lieu de ses intersections successives.*

» Les quatre points *a*, *b*, *c*, *e* de la figure sont assujettis à se déplacer sur quatre surfaces A, B, C, E. On mène en ces points les normales aux surfaces; et les deux droites D, Δ qui s'appuient sur ces quatre normales sont *deux droites conjuguées* dans le déplacement de la figure. Toute droite qui s'appuie sur ces deux, D, Δ, sera normale aux trajectoires de tous ses points; par conséquent si cette droite est menée par un point *i* de la figure, elle sera la normale à la surface sur laquelle se déplace ce point *i*.

» De là résulte ce théorème important : *Lorsqu'une figure de forme invariable se déplace en restant assujettie à quatre conditions, à un instant quelconque les normales aux surfaces sur lesquelles peuvent se déplacer les points de cette figure rencontrent deux mêmes droites* D, Δ.

» Les points où une surface mobile touche le lieu de ses intersections

successives sont les pieds des normales à cette surface qui s'appuient sur les deux droites D, Δ.

» Les normales aux surfaces sur lesquelles glissent les points d'une droite G forment un hyperboloïde.

» Cet hyperboloïde est le lieu de toutes les droites conjuguées à la droite G dans tous les déplacements que peut prendre la figure.

» On conclut de là qu'il y a deux déplacements pour lesquels un des points d'une droite G glisse sur la droite elle-même, de sorte que la droite engendre un élément de surface développable.

» Lorsque le déplacement d'une figure n'est assujetti qu'à trois conditions, on peut déplacer un point quelconque de la figure suivant une direction arbitraire, à l'exception des points d'un certain hyperboloïde qui se déplacent nécessairement sur des surfaces déterminées.

» En effet, que les trois conditions soient que trois points a, b, c de la figure se déplacent sur trois surfaces A, B, C; deux génératrices quelconques de l'hyperboloïde déterminé par les trois normales à ces surfaces seront *deux droites conjuguées* D, Δ; car si une droite D s'appuie sur les trois normales, sa conjuguée doit rencontrer aussi les trois normales.

» Que l'on considère maintenant un point i de l'hyperboloïde : la trajectoire de ce point est normale à la droite qui s'appuie sur les deux D, Δ, c'est-à-dire à la génératrice de l'hyperboloïde, du même système que les trois normales A, B, C.

» Le deuxième chapitre du Mémoire renferme les applications auxquelles les propriétés du déplacement d'une figure assujettie à cinq, quatre ou trois conditions, se prêtent dans diverses questions de la théorie des lignes et des surfaces courbes

» L'auteur considère successivement, dans des paragraphes différents, le déplacement d'une droite, le déplacement de deux plans formant un angle dièdre constant, le déplacement d'un angle trièdre, le déplacement d'une surface. Et enfin il termine par quelques questions relatives à la surface héliçoïdale réglée.

» *Déplacement d'une droite. — Applications aux surfaces réglées.* — Les surfaces gauches sont considérées généralement comme le lieu d'une droite qui se meut en satisfaisant à trois conditions, telles que de rencontrer ou de toucher des courbes ou des surfaces directrices.

» M. Mannheim résout diverses questions qui rentrent dans les deux problèmes suivants, et que l'on n'avait point encore traitées :

» 1° Construire la tangente en un point de la courbe de contact de la droite génératrice et d'une surface directrice;

» 2° Construire la normale en un point de la surface décrite par une génératrice assujettie à certaines conditions multiples.

» Une première question, d'où plusieurs autres dérivent, est celle-ci : construire la normale en un point i de la surface engendrée par une droite G dont quatre points a, b, c, e glissent sur quatre surfaces A, B, C, E.

» Il existe une droite Δ qui s'appuie sur les quatre normales aux surfaces en leurs points a, b, c, e. Les deux droites G et Δ forment deux droites conjuguées, dans le mouvement de la droite G; par conséquent le plan $i\Delta$, qui passe par le point i et par la droite Δ, est normal à la trajectoire du point i. Et la normale en i à la surface décrite par la droite G passe par le point où le plan normal à G rencontre Δ.

» M. Mannheim appelle *normalie* la surface lieu des normales d'une surface A menées aux points d'une courbe tracée sur cette surface. Il donne une démonstration fort simple d'un théorème connu qui lui est utile dans plusieurs questions. Ce théorème, démontré par Sturm dans son *Mémoire sur la vision* (1), revient en d'autres termes à celui-ci : Toute normalie qui passe par la normale d'une surface en un point a pour plans tangents aux deux centres de courbure principaux, les plans des sections principales.

» Nous citerons parmi les questions résolues, celle-ci :

» *Une droite* G *est osculatrice en un de ses points* a *à une surface* A, *tandis qu'un autre point* e *de cette droite glisse sur une surface* E; *construire* : 1° *le plan normal à la trajectoire du point* a, *et* 2° *la normale à la surface décrite par* G *en un de ses points* i.

» M. Mannheim termine ce paragraphe en considérant certaines questions pour lesquelles l'intervention des centres de courbure ne suffit plus, et qu exigent la considération d'éléments infiniment petits d'ordre supérieur au second.

» *Déplacement d'un dièdre.* — On résout d'abord ce problème, d'où résulte ensuite la solution de diverses questions particulières :

» *L'arête* G *d'un dièdre de grandeur constante est tangente à deux surfaces* C, E; *et les deux faces du dièdre touchent deux surfaces* A, B; *construire :* 1° *la normale en un point* i *de la surface décrite par la droite* G; *et* 2° *les tangentes aux courbes de contact des faces du dièdre et des surfaces* A, B.

» Au sujet du déplacement d'un angle trièdre trirectangle, M. Mannheim fait remarquer que la droite rectifiante de Lancret est parallèle à l'axe du

(1) *Comptes rendus*, t. XX, p. 1241.

déplacement du trièdre dont les faces sont le plan osculateur d'une courbe gauche, le plan normal et le plan rectifiant.

» *Déplacement d'une surface assujettie à des conditions multiples.* — Les questions résolues dans ce paragraphe peuvent être considérées comme des cas particuliers de la question générale du déplacement d'une figure dont cinq points sont assujettis à se mouvoir sur cinq surfaces. Ces cas particuliers comportent des conditions multiples. Par exemple : qu'une droite doive toucher une surface A toujours au même point *a* de la droite, ce sera une condition double; qu'une droite doive toujours avoir un contact du second ordre avec une surface, ce sera encore une condition double; qu'un plan touche toujours une surface au même point du plan, condition triple; etc.

» Voici quelques-unes des questions résolues :

» *Une droite* ab *de la figure en mouvement touche toujours en son point* a *une surface, et trois autres points de la figure glissent sur trois surfaces.*

» *Un point décrit une courbe, et trois autres points glissent sur trois surfaces.*

» *Une courbe est toujours osculatrice en un de ses points* a *à une surface, et deux points* b, c *de la figure glissent sur deux autres surfaces.*

» *Deux courbes qui ont un point commun* a *se meuvent de manière qu'elles soient toujours osculatrices à une surface* A, *en leur point* a.

» *Deux droites faisant entre elles un angle de grandeur constante glissent sur une surface, en lui étant toujours osculatrices en leurs points de rencontre.* M. Mannheim détermine la tangente à la courbe décrite par ce point. Il fait remarquer qu'on a ainsi la solution de cette question : *Un point étant donné sur une surface, trouver la direction du point infiniment voisin pour lequel l'indicatrice de la surface sera semblable à l'indicatrice du premier point.*

» Dans tous ces cas M. Mannheim résout les diverses questions qu'il a déjà traitées lorsque les cinq conditions sont distinctes.

» *Conclusions.* — L'étude des déplacements que peut prendre un corps soumis à moins de cinq conditions n'avait point encore fixé l'attention des géomètres; et à cet égard, elle constitue un progrès dans la marche naturelle de la science. Les applications que l'habile professeur a faites de ses résultats à de nombreuses questions concernant la théorie des lignes et des surfaces courbes, dont on ne possédait point encore de solutions, donnent une importance très-marquée à son travail, que nous sommes heureux de signaler avec confiance à l'attention particulière des géomètres, et dont nous avons l'honneur de proposer à l'Académie l'insertion dans le *Recueil des Savants étrangers.* »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉCANIQUE. — *Rapport sur un Mémoire de* **M. E. Rolland**, *relatif aux régulateurs de vitesse dans les machines* (1).

(Commissaires : MM. Morin, Combes, Delaunay rapporteur.)

« L'Académie nous a chargés de lui rendre compte d'un Mémoire de M. Rolland sur les régulateurs de vitesse dans les machines. Dans ce Mémoire, l'auteur se propose : 1° de trouver une solution rigoureuse du problème de l'isochronisme du régulateur de vitesse; 2° d'étudier l'influence du moment d'inertie du système articulé du régulateur sur les oscillations à longues périodes occasionnées par le changement de vitesse de la machine à laquelle le régulateur est adapté.

» Le régulateur à boules de Watt consiste, comme on sait, en deux boules massives fixées aux extrémités de deux tiges qui sont adaptées par articulation et symétriquement aux deux côtés opposés d'un arbre vertical recevant un mouvement de rotation de la machine que cet appareil est destiné à régulariser. Lorsque l'arbre du régulateur tourne avec une vitesse déterminée, les boules se maintiennent à une certaine distance l'une de l'autre, correspondant à un certain angle d'écart des tiges articulées qui les supportent. Si la vitesse angulaire de l'arbre vient à augmenter ou à diminuer, l'angle d'écart des tiges qui supportent les boules augmente ou diminue, et on profite de ce changement de forme de l'appareil pour agir sur certains organes de la machine, de manière à faire disparaître la cause de variation de vitesse qui s'est présentée momentanément, et à ramener la machine à un état de mouvement normal.

» Dans ce régulateur de Watt, à chaque valeur de l'angle d'écart des tiges qui portent les boules, correspond une valeur particulière de la vitesse de rotation de l'arbre. Pour qu'un régulateur puisse être dit *isochrone*, suivant la signification qu'on attribue à cette expression dans le cas qui nous occupe, il faut au contraire que, pour les divers angles d'écart des tiges, l'équilibre ne puisse avoir lieu qu'avec une seule et même vitesse de rotation de l'arbre.

» Si l'on fait abstraction des frottements et résistances de toute sorte que le système articulé d'un régulateur a à vaincre dans les déformations qu'il éprouve, il est clair que la sensibilité de ce régulateur sera d'autant plus grande qu'un même changement dans l'angle d'écart des tiges dépendra

(1) Le Mémoire a été présenté à l'Académie dans sa séance du 20 mai 1867. — Une addition à ce Mémoire a été présentée le 17 février 1868.

d'une plus petite variation de la vitesse angulaire de l'arbre. Dans le cas de l'isochronisme, tel qu'il vient d'être défini, un changement quelconque de l'angle d'écart des tiges correspondant à une variation nulle de la vitesse de l'arbre, on peut dire que la sensibilité de l'appareil est devenue infiniment grande.

» Sans s'arrêter à examiner ce qui convient le mieux dans tel ou tel cas, soit pour les machines industrielles, soit pour les mécanismes de grande précision, d'employer un régulateur isochrone, ou bien de se servir d'un régulateur doué d'une sensibilité grande mais non infinie, on comprend tout de suite que la solution de la question de l'isochronisme du régulateur présente un grand intérêt en elle-même. Elle ne peut manquer d'ailleurs d'être très-utile, même pour l'établissement de régulateurs non isochrones, en mettant sur la voie des dispositions à adopter pour leur donner un certain degré de sensibilité.

» C'est à cette question de l'isochronisme du régulateur à boules qu'est consacrée la première partie du Mémoire de M. Rolland. Après avoir rappelé les solutions imaginées par divers inventeurs pour réaliser l'isochronisme, soit en faisant mouvoir les boules sur des arcs de parabole, soit en appliquant au système articulé des contre-poids ou des ressorts à action variable (1), l'auteur du Mémoire aborde la solution du même problème en partant de l'équation qui, dans l'état d'équilibre du système articulé, lie la vitesse angulaire de l'arbre à l'angle d'écart des tiges portant les boules. Il indique d'abord, sans s'y arrêter, un moyen de solution fondé sur l'emploi d'un engrenage interposé entre deux parties du système articulé du régulateur, moyen qui n'est autre que celui que M. Girard avait fait connaître peu de temps auparavant (2). Puis il imagine de substituer à chaque tige droite terminée par une boule, une double tige formée de deux branches perpendiculaires entre elles, et terminées chacune par une boule. Cette pièce est articulée par le sommet de l'angle droit que forment ses deux branches en un point de l'arbre situé à une certaine distance de son axe. L'arbre porte d'ailleurs deux pièces pareilles à celle qui vient d'être indiquée, et opposées l'une à l'autre par rapport à l'axe de rotation; ou bien un nombre plus grand de ces pièces réparties régulièrement autour de cet axe de rotation, afin de ne pas altérer la symétrie. Le régulateur ainsi obtenu

(1) Régulateur parabolique de Frank, régulateur à contre-poids variable de Charbonnier, régulateur à bras croisés et à contre-poids variable de Farcot, régulateur à contre-poids et à ressorts de Foucault.

(2) *Comptes rendus de l'Académie*, t. LXIV, p. 900.

est désigné par M. Rolland sous le nom de *régulateur à boules conjuguées*.

» Il est juste de dire qu'une disposition analogue avait déjà été décrite dans un brevet pris par MM. Gand et Guilloteaux à la date du 15 mars 1866, mais nullement dans le but d'obtenir l'isochronisme du régulateur.

» Partant de là, à l'aide de diverses combinaisons de tiges articulées, et en chargeant de contre-poids à action constante des douilles mobiles le long de l'arbre et liées par articulation aux tiges des boules conjuguées, M. Rolland arrive à toute une famille de régulateurs réalisant rigoureusement les conditions de l'isochronisme. Nous n'entrerons pas dans le détail des dispositions diverses décrites dans son Mémoire; nous nous contenterons d'en signaler une (*fig.* 3) par laquelle l'isochronisme est obtenu sans qu'il ait été apporté à la disposition primitive du régulateur de Watt d'autre complication que celle qui résulte de la substitution d'une double tige armée de deux boules à la tige simple terminée par une boule unique.

» Dans la seconde partie de son Mémoire, M. Rolland étudie analytiquement le mouvement que prend le système articulé d'un régulateur isochrone, lorsque l'équilibre de forme de ce système est rompu par suite d'une variation de la vitesse de rotation de l'arbre. Dans cette étude, il s'attache à montrer l'influence que le moment d'inertie du mécanisme, considéré dans sa rotation autour du centre d'articulation des boules, peut avoir sur les oscillations à longues périodes auxquelles la rupture de l'équilibre donne lieu, et il fait voir que, pour se mettre à l'abri de ces oscillations nuisibles, on doit disposer le régulateur de manière à diminuer autant que possible le moment d'inertie dont il s'agit.

» En résumé, le Mémoire de M. Rolland renferme une excellente étude de la question des régulateurs isochrones, et fait connaître plusieurs solutions nouvelles, à la fois nettes et simples, de cette intéressante question. Nous proposons à l'Académie d'ordonner l'insertion de ce Mémoire dans le *Recueil des Savants étrangers*. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les paramètres différentiels simples ou simultanés des fonctions; par* **M. P. Morin**. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires : MM. Bertrand, Serret, Bonnet.)

« Dans un Mémoire que j'ai eu l'honneur de présenter comme Thèse à la Faculté des Sciences de Paris, dans le courant de l'année dernière, je

m'étais proposé l'étude de certaines expressions différentielles, qu'on peut nommer *paramètres* ou *invariants différentiels* des fonctions.

» Ces expressions sont définies de la manière suivante : Étant données toutes les dérivées partielles jusqu'à l'ordre q inclusivement d'une fonction V de n variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$, j'appelle paramètre différentiel d'ordre q de la fonction V toute fonction F composée de ces dérivées suivant une telle loi que, si l'on change les variables en d'autres $x'_1, x'_2, \ldots, x'_n$ qui leur soient liées par des relations linéaires et orthogonales, F conserve à la fois même forme et même valeur. Les fonctions

$$\left(\frac{dV}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dV}{dy}\right)^2 + \left(\frac{dV}{dz}\right)^2, \quad \frac{d^2V}{dx^2} + \frac{d^2V}{dy^2} + \frac{d^2V}{dz^2}$$

sont depuis longtemps connues comme jouissant de cette propriété. Le rôle continuel qu'elles jouent dans la Géométrie, dans la Mécanique, dans les diverses branches de la Physique mathématique, et surtout l'importance qu'elles ont acquise par les travaux de M. Lamé, m'avaient engagé à chercher si leur caractère fondamental leur était propre, ce qui m'avait conduit au problème que je viens d'énoncer et auquel j'ai consacré le premier chapitre du Mémoire cité.

» La solution dépend d'un système de $\frac{n(n-1)}{2}$ équations linéaires aux différences partielles, répondant chacune à l'une des combinaisons 2 à 2 des n premiers nombres, et auxquelles on doit satisfaire simultanément par la fonction F. En indiquant par $p_{(h,k,m)}$ une dérivée de V prise h fois par rapport à x_r, k fois par rapport à x_s, et, par rapport aux autres variables, un nombre total de fois représenté par m, entendant en outre par $\sum_{h,k}$ une sommation faite pour toutes les valeurs de h et de k dont la somme ne surpasse pas m, l'une quelconque de ces équations est

$$(1) \qquad 0 = \sum_{m=1}^{m=q} \sum_{h,k} \left[h p_{(h-1,k+1,m)} - k p_{(h+1,k-1,m)} \right] \frac{dF}{dp_{(h,k,m)}},$$

dont la forme montre que le paramètre différentiel le plus général F est une fonction arbitraire d'un certain nombre de solutions particulières qu'on peut appeler *paramètres fondamentaux*, et à la formation desquels tout se réduit. Ce nombre est celui des variables p qui doivent entrer dans F, diminué du nombre de celles des équations (1) qui ne rentrent pas dans les autres. En outre, les solutions particulières qui peuvent composer un système de paramètres fondamentaux doivent être distinctes. Cette recherche

se compose donc de quatre parties différentes : 1° réduire les équations (1) à leur moindre nombre, quand cela est nécessaire; 2° intégrer l'une d'elles; 3° composer autant d'expressions résultant uniquement de ces intégrales et de leurs semblables qu'il doit exister de paramètres fondamentaux; 4° s'assurer que ces expressions sont distinctes. Ce dernier point, dès qu'on examine un cas tant soit peu compliqué, est peut-être celui qui réclame le plus de soins par la longueur des calculs où l'on pourrait être engagé.

» Je prends la liberté de mettre rapidement sous les yeux de l'Académie les résultats que m'avait primitivement fournis cette méthode, afin de pouvoir ensuite soumettre à son jugement ceux plus étendus qui font l'objet de mon nouveau travail :

» 1° Le seul paramètre fondamental du premier ordre est

$$\left(\frac{dV}{dx_1}\right)^2 + \left(\frac{dV}{dx_2}\right)^2 + \cdots + \left(\frac{dV}{dx_n}\right)^2.$$

» 2° Les paramètres fondamentaux du second ordre ne renfermant pas de dérivées premières sont au nombre de n, savoir : le déterminant

$$D = \begin{vmatrix} \frac{d^2V}{dx_1^2} & \frac{d^2V}{dx_1\,dx_2} & \cdots & \frac{d^2V}{dx_1\,dx_n} \\ \frac{d^2V}{dx_2\,dx_1} & \frac{d^2V}{dx_2^2} & \cdots & \frac{d^2V}{dx_2\,dx_n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{d^2V}{dx_n\,dx_1} & \frac{d^2V}{dx_n\,dx_2} & \cdots & \frac{d^2V}{dx_n^2} \end{vmatrix}$$

et toutes les sommes de ses déterminants mineurs principaux d'un même ordre.

» 3° Ceux qui doivent renfermer en même temps les deux ordres de dérivées, également au nombre de n, sont le déterminant

$$\mathfrak{D} = \begin{vmatrix} 0 & \frac{dV}{dx_1} & \frac{dV}{dx_2} & \cdots & \frac{dV}{dx_n} \\ \frac{dV}{dx_1} & \frac{d^2V}{dx_1^2} & \frac{d^2V}{dx_1\,dx_2} & \cdots & \frac{d^2V}{dx_1\,dx_n} \\ \frac{dV}{dx_2} & \frac{d^2V}{dx_2\,dx_1} & \frac{d^2V}{dx_2^2} & \cdots & \frac{d^2V}{dx_2\,dx_n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{dV}{dx_n} & \frac{d^2V}{dx_n\,dx_1} & \frac{d^2V}{dx_n\,dx_2} & \cdots & \frac{d^2V}{dx_n^2} \end{vmatrix}$$

et toutes les sommes de ceux de ses déterminants principaux du même ordre

qu'on peut former en conservant toujours la première ligne et la première colonne.

» Je passerai sous silence ce qui est relatif aux paramètres du troisième ordre. Bien que j'en aie construit un très-grand nombre, j'ai dû renoncer à la discussion nécessaire pour distinguer ceux qui peuvent former un système fondamental, et d'ailleurs leurs formes très-compliquées ne semblent pas les destiner à de fréquents usages.

» J'ai ensuite établi deux propriétés importantes des paramètres. La première consiste en ce que le changement le plus général des variables, qui habituellement complique beaucoup les expressions différentielles ordinaires, comporte ici des réductions considérables, de telle sorte que les résultats de toutes ces transformations peuvent se déduire, suivant des lois toutes semblables à 2° et 3°, de deux déterminants, l'un dépendant des dérivées de V et dont il suffit de calculer l'élément général, l'autre dépendant uniquement des formules de transformation par des paramètres différentiels du premier ordre (*). D'après la seconde propriété, les paramètres différentiels sont les éléments essentiels de toute discussion, soit d'une fonction, soit d'une équation, quand on se borne toutefois à la considération des accroissements infiniment petits du second ordre (il serait facile d'étendre ce résultat aux ordres supérieurs). Enfin j'ai présenté, dans un dernier chapitre, une application d'un autre genre relative à la théorie de la chaleur.

» J'arrive aux questions que je me suis proposées dans mon nouveau travail. Au lieu d'employer, à la formation de F, les dérivées d'une seule fonction V, je suppose qu'on considère celles des k fonctions $V^{(1)}, V^{(2)}, \ldots, V^{(k)}$, et qu'on admette même, dans F, les variables indépendantes, cas qu'on peut ramener au précédent en adjoignant au système des fonctions V la suivante $v = \frac{1}{2}(x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_n^2)$, qui ne contribuera toutefois à la formation de F que par ses dérivées premières; alors

» 4° Les paramètres simultanés fondamentaux du premier ordre sont les $\frac{k(k+1)}{2}$ fonctions qu'on obtient en donnant à i et j toutes les valeurs, depuis 1 jusqu'à k, dans la forme

$$\frac{dV^{(i)}}{dx_1}\frac{dV^{(j)}}{dx_1} + \frac{dV^{(i)}}{dx_2}\frac{dV^{(j)}}{dx_2} + \ldots + \frac{dV^{(i)}}{dx_n}\frac{dV^{(j)}}{dx_n}.$$

(*) Certains de ces résultats avaient été établis auparavant par MM. Hesse, Lamé, Brioschi.

» 5° Ceux qui ne doivent contenir que les dérivées du second ordre sont : les fonctions indiquées ci-dessus (2°) écrites en affectant V de l'indice supérieur 1, puis toutes celles qui s'en déduisent par le procédé suivant. Ayant pris tous les déterminants mineurs principaux d'un même ordre r, remplaçons-y, dans une seule ligne prise à tous les rangs possibles, l'indice supérieur 1 de V par l'indice 2 et ajoutons-les ; remplaçons de même les indices de deux lignes prises à toutes les places et ajoutons encore ; faisons de même pour 3, pour 4,..., pour les r lignes, nous aurons r des paramètres demandés. Faisons varier r de 1 à n; employons les indices 3, 4,..., k comme nous venons d'employer l'indice 2, nous aurons formé un ensemble de $\frac{kn(n+1)}{2} - \frac{n(n-1)}{2}$ fonctions qui seront les paramètres fondamentaux cherchés. Il y a, dans cette solution, ceci de remarquable que les seuls paramètres nécessaires pour former ceux du système des k fonctions sont ceux que fourniraient les $k-1$ systèmes isolés composés de la première et de chacune des autres. J'indique du reste un procédé régulier pour former des paramètres contenant à la fois autant de fonctions V qu'on le veut.

» 6° Les paramètres qui doivent contenir ensemble les dérivées des deux premiers ordres se composent du groupe précédent joint aux kn fonctions obtenues en appliquant séparément à chaque fonction V les n solutions données 3°.

» Dans tout ceci, k est au plus égal à n, par la nature même du problème. Cela n'a plus lieu dans la suite.

» 7° Ces conséquences s'étendent au cas où les variables entrant dans les diverses fonctions V seraient différentes, à condition qu'elles soient soumises aux mêmes formules de transformation. Si les systèmes de variables sont partagés en groupes ayant chacun ses formules de transformation, les paramètres simultanés se séparent en groupes correspondants formés comme si les fonctions soumises aux mêmes transformations existaient seules.

» 8° Je termine enfin par l'énoncé de la loi générale de composition de tous les paramètres simples ou simultanés du second ordre, loi qui contient celles qui précèdent et quelques autres cas tels que celui où, certaines des fonctions V entrant par les dérivées des deux premiers ordres, d'autres n'entreraient que par les dérivées d'un seul de ces ordres.

» J'espère pouvoir employer mes premiers instants de loisir à rechercher les formes que prennent ces paramètres simultanés par le changement des

variables, et à examiner en détail le rôle qu'elles jouent sans doute dans la discussion des valeurs simultanées des fonctions et dans celle des équations simultanées. »

PHYSIQUE. — *Sur la relation qui existe entre la cohésion d'un corps composé et les cohésions de ses éléments; par* **M. J. Moutier.**

(Commissaires : MM. Regnault, Fizeau, H. Sainte-Claire Deville.)

« M. Hirn a fait connaître une relation générale qui comprend les lois de Mariotte et de Gay-Lussac comme cas particulier; il a montré (*) qu'en divisant par la température absolue le produit de volume intératomique par la somme des pressions interne et externe, on obtient un nombre constant pour un même corps, quel que soit d'ailleurs l'état physique du corps. De sorte qu'en appelant P la pression externe, R la pression interne ou la cohésion (**), V le volume du corps, ψ le volume invariable occupé par les atomes et T la température absolue, on a

$$\frac{(R+P)(V-\psi)}{T} = \text{const.}$$

» J'ai essayé d'établir (***), indépendamment de toute hypothèse sur la nature des phénomènes thermiques, que cette constante est égale à la moitié du produit que l'on obtient en multipliant l'équivalent mécanique de la chaleur E par la quantité de chaleur nécessaire pour échauffer le corps d'un degré, abstraction faite de tout travail externe et interne; en appelant M le poids du corps, K sa chaleur spécifique absolue, indépendante de l'état physique, la relation précédente peut alors s'écrire

$$\frac{(R+P)(V-\psi)}{T} = \frac{1}{2}\text{MKE} \quad \text{ou} \quad \text{MK} = 2\,\frac{(R+P)(V-\psi)}{\text{TE}}.$$

» Cette quantité MK représente la quantité de chaleur nécessaire pour échauffer le corps d'un degré, abstraction faite de tout travail interne et externe, ou, si l'on veut, la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température des atomes.

» En associant à cette relation la loi des chaleurs spécifiques absolues relative aux corps composés, on obtient une relation entre la cohésion d'un

(*) G.-A. Hirn, *Exposition analytique et expérimentale*, 1865, p. 106.

(**) G.-A. Hirn, *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XI, p. 90.

(***) *Comptes rendus*, t. LXIV, p. 653.

corps composé et les cohésions de ses éléments pris à la même température.

» Supposons, en effet, que deux corps A et A′, considérés tous deux à la pression P et à la température T, se combinent pour former un corps C que nous supposerons ramené aux mêmes conditions de température et de pression. Appelons R, R′ les cohésions des deux corps A et A′, V, V′ leurs volumes, ψ, ψ' les volumes invariables occupés par les atomes, ρ la cohésion du corps composé C, W son volume; le volume atomique du composé est d'ailleurs $\psi + \psi'$.

» Les quantités de chaleur nécessaires pour élever d'un degré la température des atomes sont respectivement, pour ces trois corps,

$$2\frac{(R+P)(V-\psi)}{TE}, \quad 2\frac{(R'+P)(V'-\psi')}{TE} \quad \text{et} \quad 2\frac{(\rho+P)(W-\psi-\psi')}{TE}.$$

Or, pour échauffer les atomes engagés dans la combinaison C, il faut employer la même quantité de chaleur que s'ils étaient libres (1); la dernière quantité de chaleur est donc égale à la somme des deux premières, et, après réduction, on a la relation générale

$$(1) \quad (\rho+P)(W-\psi-\psi') = (R+P)(V-\psi) + (R'+P)(V'-\psi').$$

» Après réduction évidente, cette relation générale peut s'écrire

$$(\rho+P)W - \rho(\psi+\psi') = (R+P)V - R\psi + (R'+P)V' - R'\psi'.$$

Lorsqu'il s'agit de gaz, les cohésions ou pressions internes sont faibles par rapport à la pression externe, les volumes atomiques sont également très-petits par rapport aux volumes apparents, et les produits $R\psi$, $R'\psi'$, $\rho(\psi+\psi')$ sont ordinairement négligeables; on a alors avec une approximation suffisante

$$(2) \quad \rho = R\frac{V}{W} + R'\frac{V'}{W} + \left(\frac{V+V'}{W} - 1\right)P.$$

» Lorsque l'on connaît les volumes de deux gaz qui se combinent, ainsi que le volume du composé à l'état de gaz ou de vapeur, on obtient, au moyen de cette relation, la cohésion du composé en fonction des cohésions des éléments et de la pression externe.

» Cette relation donne lieu à quelques remarques :

---

(1) G.-A. Hirn, *Exposition analytique et expérimentale*, 1865.

» 1° Lorsque deux gaz se combinent à volumes égaux sans condensation, $V = V' = \frac{1}{2} W$,

$$\rho = \frac{1}{2} (R + R').$$

» La cohésion du composé est égale à la moyenne arithmétique des cohésions des éléments; elle est indépendante de la pression externe.

» Ainsi, la cohésion du bioxyde d'azote est égale à la demi-somme des cohésions de l'azote et de l'oxygène. Ces deux gaz permanents ont des cohésions très-faibles; la cohésion du bioxyde d'azote doit être très-faible également, et ce gaz est permanent.

» De même, la cohésion de l'acide chlorhydrique est la moyenne arithmétique des cohésions du chlore et de l'hydrogène. Le chlore, qui est un gaz facilement liquéfiable, a une cohésion de beaucoup supérieure à celle de l'hydrogène; sous le rapport de la cohésion, l'acide chlorhydrique est intermédiaire entre le chore et l'hydrogène; aussi l'acide chlorhydrique se liquéfie plus difficilement que le chlore.

» 2° Lorsque la combinaison de deux gaz est accompagnée d'une condensation, la cohésion du composé dépend de la pression externe, et comme le volume $V + V'$ est alors supérieur à V'', la cohésion dans ce cas est beaucoup plus grande que dans le cas précédent.

» Aussi les combinaisons gazeuses formées avec condensation des éléments sont plus facilement liquéfiables que les combinaisons formées sans condensation des éléments. C'est ainsi que le protoxyde d'azote, dans lequel la condensation est égale à un tiers, a pu être liquéfié, tandis que le bioxyde d'azote, formé sans condensation des éléments, a résisté jusqu'à présent.

» 3° Lorsque deux combinaisons C et C_1 correspondant au même volume W sont formées des mêmes éléments A et A', et ne diffèrent que par les volumes V et V_1 de l'un des éléments A, le volume du second élément A' étant supposé invariable, les cohésions ρ et ρ_1 des deux composés ont entre elles une différence donnée par la relation (2) :

$$\rho_1 - \rho = (R + P) \frac{V_1 - V}{W}.$$

» Dans ce cas, la cohésion croît proportionnellement au nombre de volumes de l'élément A ajoutés à la combinaison, et proportionnellement à la cohésion de l'élément A augmentée de la pression externe.

» Ainsi, l'acide carbonique et l'oxyde de carbone, sous le même volume,

dans les mêmes conditions de température et de pression, contiennent la même quantité de carbone : l'acide carbonique renferme plus d'oxygène que l'oxyde de carbone. La cohésion de l'acide carbonique est donc supérieure à celle de l'oxyde de carbone, et l'acide carbonique est le seul de ces deux gaz qui ait pu être liquéfié jusqu'à présent.

» Le gaz oléfiant et le gaz des marais offrent un autre exemple.

» 4° Si l'on substitue dans une combinaison C à un élément A un autre élément A_1, qui corresponde au même volume que A, sans que le volume W de la combinaison soit modifié, l'élément A' étant d'ailleurs supposé invariable, on obtient une nouvelle combinaison C_1, dont la cohésion ρ_1 a une valeur différente de ρ.

» En appelant R_1 la cohésion de l'élément A_1, on a, d'après la formule (2),

$$\rho_1 - \rho = (R_1 - R)\frac{V}{W}.$$

» Ainsi, la différence des cohésions dans les deux composés C_1 et C est proportionnelle à la différence des cohésions dans les deux éléments A_1 et A.

» De sorte qu'en substituant le chlore à l'hydrogène, le brome au chlore, l'iode au brome, la cohésion augmente, et les composés, dérivés par substitution, sont de moins en moins volatils. »

ÉLECTRICITÉ. — *Note sur une application d'un principe énoncé par Ampère, qui peut fournir un régulateur de la lumière électrique fonctionnant sans mécanisme; par* **M. É. Fernet.**

(Commissaires : MM. Becquerel, Pouillet, Regnault, Dumas, Balard.)

« La condition nécessaire pour que l'arc voltaïque conserve une intensité lumineuse suffisamment constante, lorsque la source d'électricité est constante elle-même, est que la distance des charbons entre lesquels cet arc se produit reste invariable, malgré la combustion qu'ils éprouvent et malgré les phénomènes de transport dus au passage du courant. Dans les divers appareils régulateurs qui ont été imaginés pour cet objet, depuis celui que Léon Foucault a présenté à l'Académie au mois de janvier 1849, on est parvenu à réaliser approximativement cette condition au moyen de mécanismes variés, commandés par des électro-aimants dans lesquels passe le courant lui-même : lorsque le courant vient à s'affaiblir par l'usure des charbons, il y a diminution du magnétisme développé dans les pièces de fer

doux, mouvement des armures qui sont sollicitées par des ressorts, et les rouages du mécanisme entrent en jeu pour rapprocher les charbons l'un de l'autre; ce mouvement s'arrête dès que la distance des charbons a repris sa valeur, et ainsi de suite. Ces régulateurs fonctionnent avec une perfection d'autant plus grande que ces alternatives de mouvement et de repos se succèdent pour de plus petites variations d'intensité.

» Le principe du procédé que je soumets au jugement de l'Académie est tout différent de celui qui précède. On sait, depuis Ampère, que deux portions consécutives d'un même courant, lorsqu'elles sont situées dans le prolongement l'une de l'autre, se repoussent. Les deux charbons entre lesquels jaillit l'arc électrique constituent deux conducteurs traversés par le même courant; ils doivent donc exercer l'un sur l'autre une répulsion, qui tend à augmenter leur distance. De là résulte que, si les charbons étaient entièrement libres de se mouvoir, la force répulsive qui les sollicite aurait pour effet d'augmenter d'abord la longueur de l'arc, et ensuite de le rompre. J'ai cherché à réaliser des conditions telles, que cette mobilité des charbons étant obtenue il se développât, par l'accroissement même de leur distance, une autre force capable de neutraliser la force répulsive et d'amener le système à un état d'équilibre stable; l'invariabilité de la distance serait ainsi assurée d'une manière absolue.

» Cependant il est nécessaire de remarquer que la force répulsive est certainement très-faible, même quand les charbons sont en contact : c'est ce que montrent suffisamment les diverses expériences d'Électro-dynamique. En outre, alors même que le courant conserverait toujours son intensité, à mesure que la distance s'accroît, la force répulsive diminuerait très-vite. Enfin, si l'on songe que l'écartement des charbons a pour conséquence d'introduire dans le circuit une résistance considérable, d'amoindrir l'intensité du courant, et par suite de diminuer encore la force répulsive, on en conclut que c'est parmi les forces les plus faibles qu'il faudra aller chercher celle qui doit être introduite dans le système, pour y produire l'équilibre; on est amené, enfin, à donner au système lui-même une mobilité telle, que les mouvements ne donnent naissance à aucun frottement appréciable.

» Telles sont les considérations qui m'ont conduit à disposer l'expérience de la manière suivante, pour constater si la force répulsive peut, en réalité, amener un écart capable de produire l'effet voulu. L'un des charbons est placé à l'extrémité d'une tige métallique, suspendue comme le levier mobile de la balance de Coulomb et disposée de manière à recevoir le cou-

rant : on installe l'autre charbon en regard, dans une direction tangentielle à l'arc de cercle que décrit l'extrémité de la tige quand elle vient à tourner autour de son point de suspension.

» Les choses étant ainsi disposées, et les deux charbons étant placés en prolongement l'un de l'autre, on tord d'abord la partie supérieure du fil qui supporte la tige à laquelle est fixé l'un d'eux, de manière à les appuyer légèrement l'un sur l'autre. Dès que le circuit est fermé, on voit le charbon mobile s'écarter de l'autre, et comme la force de torsion qui tend à l'arrêter augmente avec l'angle d'écart, on obtient bientôt une position d'équilibre. Cet équilibre est stable, puisque tout accroissement de distance des charbons diminue la force répulsive et augmente la force de torsion; tandis qu'un rapprochement diminue la force de torsion et augmente la force répulsive. L'usure continue des charbons fait passer le charbon mobile, *d'une manière continue*, par une série de positions d'équilibre : les extrémités des charbons entre lesquelles jaillit l'arc conservent entre elles une distance sensiblement constante.

» J'ai répété l'expérience à diverses reprises au laboratoire de l'École Polytechnique, avec la pile de 50 éléments de Bunsen qui est montée pour produire la lumière destinée aux expériences de cours. Je l'ai répétée au laboratoire de la Sorbonne, avec la machine magnéto-électrique puissante que M. Jamin a bien voulu mettre à ma disposition. Ces expériences ont présenté une continuité aussi satisfaisante que possible dans la lumière produite, pendant toute la durée que j'ai pu leur donner. J'espère faire bientôt connaître à l'Académie les résultats obtenus dans des conditions plus particulièrement adaptées au but spécial qu'il s'agit d'atteindre.

» Je compte également utiliser cette disposition pour examiner diverses questions qui se rattachent à la théorie de l'arc voltaïque, et dans l'étude desquelles elle semble présenter des avantages particuliers. Telle est, par exemple, la mesure de la force répulsive elle-même, qu'il me paraît possible de déterminer avec une certaine exactitude, en adoptant la suspension *bifilaire* employée pour un autre objet par M. Gauss et par M. Wilhelm Weber. Sans insister d'ailleurs sur des points dont j'ai seulement commencé l'étude, je ferai remarquer, en terminant, que l'équilibre peut à volonté être réalisé à diverses distances, par une simple modification de la torsion du fil : l'appareil se prête également aux variations d'intensité du courant et aux diverses conditions que l'on peut introduire dans la production du phénomène, pour en étudier les lois. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une nouvelle forme de pile voltaïque et un nouveau régulateur de la lumière électrique.* Note de **M. F. Carré**, présentée par M. Balard.

(Commissaires : MM. Becquerel, Pouillet, Regnault, Dumas, Balard.)

« J'ai l'honneur de communiquer à l'Académie quelques travaux sur l'électricité, ayant pour objet de rendre sa production et certaines de ses applications plus faciles. Ayant eu à subir les inconvénients trop connus de la pile à acide azotique, j'ai considéré comme une œuvre qui pourrait avoir une utilité réelle de lui substituer une pile sans émanations, à effet constant et prolongé, et d'une intensité suffisante pourtant pour produire de la lumière. La transformation de cette pile, dont le principe a été acquis à la science par les expériences de M. Becquerel, et qui a reçu son application dans la pile dite *de Daniel*, m'a fourni la solution de ce problème; l'élément qui fonctionne sous les yeux de l'Académie est extrait d'une pile qui produit actuellement de la lumière au laboratoire de physique nouvellement construit à la Sorbonne, et dans lequel j'ai l'honneur d'être admis.

» La force électromotrice de l'élément à sulfate de cuivre étant faible, je me suis appliqué à diminuer le plus possible sa résistance intérieure, afin de conserver des dimensions praticables; voici l'exposé des moyens qui m'ont conduit à ce résultat. Dans un vase de $0^m,12$ de diamètre et $0^m,60$ de hauteur est un zinc haut de $0^m,55$, porté sur un croisillon et isolé par lui de la boue métallique qui tombe au fond, et qui produirait l'incrustation en venant toucher le diaphragme. Ce diaphragme est formé d'un papier préparé à l'acide sulfurique, dit *papier parchemin*, et, à défaut, d'un papier imprégné d'albumine surcoagulée à 230 degrés, température qui le rend complétement inattaquable par les liquides de la pile. Ce papier est collé avec de la gomme laque sur lui-même et sur un godet en matière non conductrice qui lui sert de pied et repose sur le croisillon précité. A l'intérieur du diaphragme se place une carcasse cylindrique de même hauteur, formée de baguettes de bois espacées de 3 à 4 millimètres, assemblées sur un fond de même matière et sur un cercle de cuivre qui les réunit au sommet et reçoit le fil polaire extérieur; un fil de cuivre de 7 à 8 dixièmes de millimètre est tendu alternativement entre le cercle polaire collecteur denté pour le recevoir et les saillies du fond; il entoure la carcasse d'une espèce de réseau présentant un développement considérable et sur lequel le dépôt de cuivre s'opère normalement dans toutes ses parties. A l'intérieur de la carcasse

et sur toute la hauteur du diaphragme se placent les cristaux de sel de cuivre qui forment une colonne divisée que le liquide intérieur baigne sur une large surface, ce qui donne une solution toujours saturée sur toute la hauteur du diaphragme, quelque grande qu'elle soit, et assure le maximum d'effet utile. On comprend que la carcasse et son cercle collecteur servent indéfiniment; lorsque le fil du réseau est surchargé de cuivre, trois minutes suffisent pour le remplacer. Le papier tout posé est d'un prix minime; il est protégé contre les déchirures par un accessoire simple qui facilite en même temps la manœuvre du chargement, et dont je crois devoir supprimer la description pour ne pas abuser de l'attention de l'Académie.

» Le meilleur liquide extérieur est une solution de sulfate de zinc à 18 degrés; acidulée au cinq centième, elle fournit un dégagement d'électricité sensiblement constant jusqu'à ce qu'elle atteigne 40 degrés : il suffit alors, pour maintenir la constance, d'en remplacer une partie par de l'eau. En mêlant cette solution avec un dixième de son volume de solution saturée de sel ammoniac, on obtient un courant électrique plus intense, sans éprouver les inconvénients que pourrait apporter la présence d'autres sels.

» Ainsi constitué, cet élément peut fonctionner avec la même intensité jusqu'à usure complète du zinc, c'est-à-dire pendant deux cents heures, censécutivement ou avec intermittences. Sous les dimensions indiquées, il dégage plus d'électricité qu'un élément Bunsen de dimensions moyennes, il dépose facilement 9 à 10 grammes de cuivre par heure dans un voltamètre à sulfate de cuivre par la dissolution d'une quantité sensiblement équivalente de zinc. Le poids moyen de ce zinc dissous par élément et par heure dans deux expériences de lumière prolongées a été entre 9 et 10 grammes.

» La tension de cette pile ainsi construite est moindre que celle de la pile à acide azotique : j'ai dû dès lors me préoccuper de construire un régulateur de lumière plus sensible que ses devanciers, et qui est placé sous les yeux de l'Académie. C'est la première ébauche du système qui m'a donné le résultat désiré. Il est assez sensible pour fonctionner sans extinction avec 18 à 20 éléments Bunsen et 25 de ceux que je viens de décrire. Le principal organe de sa sensibilité et de sa puissance est un nouveau genre d'armature de l'électro-aimant. Entre les deux pôles de celui-ci pivote une traverse de fer doux munie à ses deux extrémités de deux segments elliptiques développés sur deux arcs de 90 degrés. L'attraction s'exerçant sur ces segments produit une résultante exempte des effets fâcheux de la loi d'attraction inverse du carré des distances, de telle sorte qu'il est

facile de déterminer à l'avance, par l'inclinaison donnée à la courbe elliptique, le diagramme dynamique à obtenir pour un besoin donné sur les 90 degrés de rotation de l'armature. Il résulte de là une puissance motrice considérable qui est employée directement, et au moyen d'un mécanisme qu'il serait trop long et inutile de décrire ici, à rapprocher ou à écarter les charbons. Cette armature symétrique et équilibrée permet d'obtenir, en outre, des régulateurs qui fonctionnent indépendamment des chocs et secousses, et qu'il devient facile d'installer à bord des navires et sur les locomotives.

» L'arc voltaïque produit presque constamment un bruit strident extrêmement désagréable, qui est l'un des principaux obstacles à l'éclairage des grandes réunions par la lumière électrique. J'ai pensé qu'en y introduisant des substances plus volatiles que le charbon il deviendrait plus conducteur et cesserait d'être bruyant; et, en effet, en imprégnant les charbons de divers sels par une ébullition prolongée dans leurs solutions concentrées, ils donnent un arc complétement muet : moyennant ces charbons et un globe stannique, la conférence hebdomadaire du laboratoire des recherches physiques de la Sorbonne a pu être éclairée *a giorno* par une lumière aussi placide et aussi inoffensive que celle qui eût été produite par quelques centaines de bougies, moins une énorme quantité de chaleur et de résidus méphytiques de combustion. Un grand nombre de sels donnent ce résultat, et particulièrement ceux de potasse et de soude.

» J'ai ensuite modifié la couleur de l'arc en introduisant dans les charbons, toujours par voie de dissolutions salines, des substances qui ont la propriété de colorer les flammes; ainsi l'azotate de strontiane a donné un reflet pourpre et les sels de cuivre un reflet vert.

» En introduisant dans des charbons artificiels les bases des mêmes sels, j'obtiens à peu près les mêmes résultats; les poudres métalliques, sans diminuer en rien la conductibilité des charbons, donnent à la lumière les reflets variés de leurs flammes.

» Enfin l'acide borique a, comme il était rationnel de le présumer, la propriété d'augmenter considérablement la durée des charbons, en les entourant d'un vernis protecteur qui empêche leur combustion par l'oxygène de l'air; ils se comportent alors à peu près comme dans le vide.

» M. Jamin, me prêtant le précieux concours de sa grande expérience, a bien voulu me promettre de déterminer prochainement avec moi la force électromotrice et la résistance de l'élément transformé, de faire la comparaison de la puissance lumineuse d'une pile d'un nombre donné de mes

éléments, avec un même nombre d'éléments Bunsen, et d'évaluer l'intensité photogénique de l'arc modifié. Nous aurons l'honneur de communiquer à l'Académie le résultat de ces études. »

« **M. Edm. Becquerel**, à propos de la présentation par M. Balard de la pile à sulfate de cuivre construite par M. Carré, fait les observations suivantes relatives à l'historique et à l'emploi de la pile à courants constants :

» Je crois devoir rappeler à l'Académie que le principe des piles à deux liquides a été imaginé par M. Becquerel, qui fit connaître la pile à sulfate de cuivre dans la séance du 23 février 1829 (1); j'ajouterai également que les piles qui furent employées de préférence par M. Pouillet en 1837 (2), dans ses recherches sur les lois du développement des courants électriques, étaient des piles fondées sur ce principe.

» Depuis trente-neuf ans, la pile à sulfate de cuivre a été bien fréquemment modifiée quant à sa forme : à la cloison perméable et plane en baudruche on a substitué une vessie cylindrique comme M. Daniell l'a fait en 1836 (3), puis de la toile, du bois, du carton, du papier, du sable, du kaolin, de la terre poreuse, comme l'ont fait d'autres expérimentateurs ; on a même supprimé tout à fait la cloison, et il y a des couples de ce genre qui fonctionnent avec les liquides superposés par ordre de densités. On a donné à ces couples toutes sortes de dimensions et de formes, mais ce sont toujours les mêmes éléments qui les composent, savoir : zinc et cuivre pour les deux métaux, et sulfate de cuivre comme substance dépolarisant l'électrode négative; ils ont donc même force électromotrice, et la nature des diaphragmes, de même que leurs dimensions, ne changent que les conditions de conductibilité électrique. Comme les actions électro-chimiques ont lieu en proportions définies, il faut toujours pour la même quantité d'électricité produite, c'est-à-dire pour le même travail extérieur, user dans chaque couple la même quantité de zinc et réduire la même quantité de sulfate de cuivre; il n'y a

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. XLI, p. 20, 23, 25, etc.; 1829.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. IV, p. 267.

(3) Becquerel et Edm. Becquerel, *Résumé de l'Histoire de l'Électricité et du Magnétisme*, p. 204; 1858. — Becquerel, *Traité d'Électro-Chimie*, p. 109; 1864.

Je ferai remarquer encore, à cette occasion, que les diverses piles à sulfate de cuivre portent à tort le nom de *piles de Daniell*. Le couple composé des deux métaux, zinc et cuivre, et des deux liquides dissolutions de zinc et de cuivre, avait été décrit par M. Becquerel sept ans avant cette époque, et la dénomination ci-dessus doit s'appliquer seulement à la forme particulière que M. Daniell avait donnée à cette pile et qui n'est plus généralement en usage.

de différence entre ces divers couples, que dans le temps que met à se produire un effet donné; on n'a pas égard ici, bien entendu, à la différence qui existe entre la consommation théorique et la consommation réelle, celle-ci dépassant toujours plus ou moins la première, selon la pureté et l'état du zinc, le mélange des liquides, etc.

» En ce qui concerne la production de la lumière par voie électrique, si l'on prend pour terme de comparaison la lumière produite par une pile à acide azotique de 40 éléments, pour avoir une tension électrique aussi grande avec une pile à sulfate de cuivre, eu égard à la force électromotrice de ces couples, il en faudrait employer 68, et, toutes choses égales d'ailleurs, comme la consommation de chaque couple d'une pile est toujours semblable pour une égale intensité de courant, pour avoir la même quantité de lumière avec les deux piles, il faudrait consommer plus de zinc dans la pile à sulfate de cuivre que dans la pile à acide azotique, et cela dans le rapport du nombre des éléments, c'est-à-dire de 68 à 40 ou de 1,7 à 1. On doit comprendre, d'après cela, que, pour la lumière produite, il est toujours plus avantageux de se servir de couples à grandes forces électromotrices que de couples à faibles forces, car la consommation des piles formées avec les premiers est plus faible.

» Mais, d'un autre côté, il a été reconnu que, pour une même quantité de lumière, la dépense en zinc et en acides, dans une pile, était plus forte que la dépense du charbon dans une machine à vapeur qui fait fonctionner un appareil magnéto-électrique (1). Les conditions d'une production économique de lumière ne me paraissent donc pas devoir se rencontrer dans cette application de la pile à sulfate de cuivre. Néanmoins, pour les recherches scientifiques et les applications spéciales, telles que la télégraphie, etc., la pile à sulfate de cuivre présente les meilleures conditions, et les couples usités en France, avec niveau supérieur alimentant la dissolution de sulfate de cuivre, ont une forme qui est très-usuelle. »

« M. **Balard** répond à M. E. Becquerel que la Note de M. Carré présentée à l'Académie ne renferme rien qui ne soit conforme aux principes que vient de développer son savant confrère, bien plus autorisé que lui-même à avoir un avis sur ces sortes de matières; mais il craint qu'en se

(1) L. Reynaud, *Mémoire sur le balisage et l'éclairage des côtes de France.* — Edm. Becquerel, *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, 2e série : t. IV, p. 529, et F. Le Roux, t. XIV, p. 762.

préoccupant trop exclusivement du prix de l'électricité produite par divers moyens, il ne fasse pas intervenir dans une proportion suffisante la valeur première de l'instrument qui la procure. Il est en effet bien connu de tout le monde que le prix du charbon que l'on emploie pour mettre en mouvement une machine magnéto-électrique est beaucoup moindre que celui du zinc que l'on dissoudrait pour produire un courant égal à celui qu'elle développe en consommant ce charbon. Lors donc qu'il est question de produire beaucoup d'électricité et d'une manière quotidienne, et pendant une longue durée, comme cela a lieu pour l'éclairage des phares, c'est à la machine électro-magnétique, quel que soit son prix d'achat, qu'on aura recours. Mais en sera-t-il de même quand on voudra utiliser l'électricité dans les laboratoires et les cabinets de physique? Évidemment non, puisque le prix de l'appareil et de la machine destinée à le mettre en mouvement absorberait, pour un nombre considérable d'années, la somme si limitée inscrite au budget des chaires de chimie et de physique des établissements scientifiques. Dans ces cas, où l'on n'a besoin d'électricité que d'une manière intermittente et pendant un temps très-court, il faut, négligeant la valeur plus élevée des matières employées pour produire le courant, faire intervenir des appareils d'un prix abordable, c'est-à-dire des piles.

» Celle qu'on emploie à cet usage est généralement la pile à acide nitrique. A quantité d'électricité égale, elle use moins de zinc sans doute que la pile à sulfate de cuivre (quand elle fonctionne normalement), mais ne faut-il pas tenir compte aussi de la valeur de l'acide nitrique qui y est employé? Chacun sait que cet acide n'est pas consommé intégralement, et que lorsqu'il est passé de la densité de 36 degrés Baumé à celle de 28 degrés du même aréomètre, il cesse de pouvoir fonctionner d'une manière utile, et qu'il reste presque sans valeur. Dans la pile à sulfate de cuivre, au contraire, la substance qui absorbe l'hydrogène fonctionne jusqu'à complète destruction; l'acide du sulfate de cuivre décomposé sert à dissoudre le zinc d'une manière régulière, et le cuivre déposé, pouvant régénérer de la manière la plus aisée du sulfate de cuivre, quand on l'expose à l'air après l'avoir mouillé d'acide sulfurique, fait qu'en définitive c'est l'oxygène de cet air qui d'une manière indirecte sert à dépolariser l'électricité négative. Si l'on ajoute, d'ailleurs, que la pile à acide nitrique n'est pas à courant constant, puisque l'acide se dilue, tandis que la pile à sulfate de cuivre fonctionne jusqu'à dissolution complète du zinc avec une constance absolue, sa supériorité, qu'admet M. Becquerel, restera incontestable pour tous.

» Cette pile cependant avait un défaut : sa résistance plus grande au courant n'avait pas permis jusqu'ici de dissoudre, avec des éléments d'une dimension limitée et facilement maniables, assez de zinc dans un temps donné, pour produire de la lumière électrique, et cela quelque variées que fussent les formes qu'on lui avait données jusqu'ici. Or celle à laquelle M. Carré s'est arrêté permet de produire l'arc et la lumière électrique, et le nouveau régulateur donne la possibilité d'en développer avec peu de dépense (1 franc par heure) une quantité qui dépasse toujours ce qu'on peut en employer d'une manière utile pour les projections dans les amphithéâtres.

» Si l'on ajoute à ces avantages celui de fonctionner sans émissions de vapeurs nuisibles, et en évitant le maniement d'acides corrosifs, on concevra le désir d'en faire usage qu'ont manifesté plusieurs professeurs qui l'ont vue fonctionnant dans le laboratoire de Recherches de Physique de la Faculté des Sciences. M. Jamin s'en sert déjà avec avantage dans son Cours d'Optique à la Sorbonne, et M. Balard ne doute pas qu'elle ne se substitue bientôt avec celles qui ont été employées jusqu'ici, jusqu'à ce que le progrès de la science en fasse connaître une autre préférable. »

HYGIÈNE PUBLIQUE. — *Le lait devant les tribunaux; par* M. **Bonjean**.

(Commissaires : MM. Boussingault, Bussy, Peligot.)

« *Conclusions.* — 1° L'emploi du galactomètre ou de tout autre instrument analogue ne permet pas de reconnaître *d'une manière certaine* si l'on a ajouté de l'eau au lait.

» 2° Cet instrument doit être au contraire une source d'erreurs, en ce qu'il peut indiquer, dans du lait pur de tout mélange, une addition d'eau qui n'existe pas, et que, d'autres fois, il peut faciliter la fraude en accusant comme bon du lait réellement mélangé d'eau.

» 3° C'est ainsi que le lait chaud ou récemment trait, et le lait non écrémé, étant les meilleurs, l'instrument, parce qu'ils sont plus légers, les trouvera en défaut, tandis qu'il accordera un laisser-passer au même lait trait la veille, écrémé et additionné d'eau, parce qu'il sera plus dense. »

« M. **Boussingault** dit à cette occasion que le lait prélevé chez les marchands, par ordre de M. le Préfet de police, dans le but d'en constater la qualité, est toujours soumis à une analyse complète par les délégués de l'Administration. »

ANALYSE. — *Problème de la trisection de l'arc.* — *Propriétés de l'équation* $x^3 - 3x + K = 0$. — *Nouvelle méthode de résolution de l'équation du troisième degré, au moyen des tables de logarithmes; par* M. VÉRIOT. (Extrait par l'auteur.)

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

« L'auteur rappelle que, dans son premier Mémoire, il a démontré que toute équation du troisième degré $x^3 + Px^2 + Qx + R = 0$ peut être transformée en une autre de la forme

$$y^3 + py^2 + \frac{p^2}{3}y + \frac{p^3}{27} - \frac{p^3}{27} + r = 0,$$

qui a ses quatre premiers termes en cube parfait d'un binôme $y + \frac{p}{3}$, et que, par conséquent, on peut résoudre, ainsi qu'on résout l'équation du deuxième degré, en complétant le carré, indiqué et commencé par ses deux premiers termes.

» Pour cela, il suffit de remplacer, dans la proposée, x par $\frac{1}{y} + h$, et de profiter de l'indétermination de h, pour que le coefficient de la première puissance de y soit le troisième terme d'un cube parfait, dont les termes en y^3 et y^2 seraient les deux premiers. Cette condition donne lieu à une équation en h, du deuxième degré seulement, et peut, par conséquent, être satisfaite. On complète le cube par addition et soustraction d'un terme indépendant de y, et l'équation est ramenée à la forme

$$\left(y + \frac{p}{3}\right)^3 - \frac{p^3}{27} + r = 0, \quad \text{d'où} \quad y = -\frac{p}{3} + \sqrt[3]{\frac{p^3}{27} - r}.$$

» Dans son deuxième Mémoire, l'auteur démontre que toute équation du quatrième degré, dont on a fait disparaître le deuxième terme, celui en x^3, a pour équation aux sommes de ses racines, prises deux à deux, une équation du sixième degré, n'ayant que des puissances paires. Cette dernière équation peut donc être abaissée au troisième, et, par suite, résolue.

» Dans son troisième Mémoire, M. Vériot donne plusieurs solutions géométriques du problème de la trisection de l'arc : *Dans une circonférence, dont le rayon est supposé égal à l'unité, étant donnée une corde* K, *répondant à un arc* 6α, *trouver la corde qui sous-tend le tiers* 2α *de cet arc.*

» Il fait voir que, quels que soient les procédés employés pour résoudre ce problème, on arrive à une équation qui n'est jamais inférieure au troisième degré, et qui est

(A) $$x^3 - 3x + K = 0.$$

» Il observe que l'algèbre devait donner trois solutions; car, dans les deux segments de circonférence, sous-tendus par la corde K, on peut inscrire à la suite les unes des autres trois cordes *différentes* entre elles, et rien que ces trois cordes différentes, satisfaisant à l'énoncé du problème : une dans le plus petit segment, et deux dans le plus grand. La plus grande de ces deux dernières, portée trois fois consécutivement, fait des angles aigus avec elle-même, et, par conséquent, forme une ligne brisée qui se coupe une fois. Cette plus grande corde correspond à la racine négative de l'équation (A), tandis que les deux autres, formant des angles obtus, en sont les racines positives.

» Par le choix de ses procédés pour la mise en équation du problème, l'auteur déduit des conséquences qu'il met en notes à la fin de son Mémoire.

» Discutant l'équation trouvée de la trisection de l'arc

$$(A) \qquad x^3 - 3x + K = 0,$$

l'auteur démontre que si la racine x, correspondant à la corde contenue trois fois dans le petit segment de K, sous-tend l'arc 2α, la seconde racine positive x' de l'autre segment correspond à l'arc $120^\circ - 2\alpha$, et la troisième racine $-x''$ à l'arc $120^\circ + 2\alpha$.

» La plus grande de ces trois cordes, de $120^\circ + 2\alpha$, est égale à la somme des deux autres, puisque le coefficient de x^2 est nul dans l'équation (A); d'où il suit que : Si d'un point de la circonférence, on mène trois cordes aux sommets d'un triangle équilatéral inscrit, la plus grande de ces trois cordes est égale à la somme des deux autres.

» Cette propriété trouve ses analogies, si, au lieu du triangle, on considère un polygone régulier quelconque.

» On déduit de cette propriété la relation suivante :

$$\sin(60^\circ + \alpha) = \sin\alpha + \sin(60^\circ + \alpha).$$

» M. Vériot examine ensuite quelques particularités de l'équation

$$(A) \qquad x^3 - 3x + K = 0 :$$

» 1° Quand l'arc 2α est un diviseur exact de la circonférence, les racines x, x' et x'' sont les côtés des polygones réguliers, convexes et étoilés d'un même nombre de côtés, indiqué par le quotient de $\frac{2\pi}{2\alpha}$.

» 2° Le coefficient 3 de x est égal à

$$x^2 + xx' + x'^2 = 3,$$

en remplaçant la racine x'' par son équivalent $x + x'$.

» Et si l'on considère la relation

$$x^2 + xy + y^2 = 3$$

comme l'équation d'une courbe, on obtient une ellipse dont les demi-axes sont $\sqrt{6}$ et $\sqrt{2}$, les foyers étant distants de 2 du centre.

» 3° En disposant l'équation (A) de cette manière :

$$x^3 - 4x + x + 2x^2 - 2x^2 + 2 - 2 + K = 0,$$

on trouve

$$(1 - x)\sqrt{2 + x} = \sqrt{2 - K}.$$

» 4° De $x^2 + xy + y^2 = 3$, on déduit

$$x = -\frac{y}{2} \pm \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{4 - y^2},$$

qui donne l'une des racines de (A) en fonction de l'une quelconque des deux autres. Ou bien, si $y =$ corde $2\alpha = 2\sin\alpha$,

$$x = -\sin\alpha \pm \sqrt{3}\sqrt{1 - \sin^2\alpha} = -\sin\alpha \pm \sqrt{3}\cos\alpha.$$

» 5° L'équation (A) donne aussi bien les cordes des arcs triples que les cordes des arcs tierces; seulement K est l'inconnue.

» 6° L'équation (A) peut donner les cordes des arcs de trois en trois fois plus petits. Par exemple, en éliminant x ou y entre

$$x^3 - 3x + y = 0 \quad \text{et} \quad y^3 - 3y + K = 0,$$

on aura la corde du neuvième de l'arc sous-tendu par K.

» 7° L'équation (A) combinée avec l'équation de la division de l'arc en deux parties égales, peut donner la corde du sixième d'un arc sous-tendu par K

$$x^3 - 3x + \sqrt{\frac{2 + K}{2}} - \sqrt{\frac{2 - K}{2}} = 0.$$

» 8° En faisant $x = \sqrt{y}$ dans (A), on obtient l'équation aux carrés des racines

$$y^3 - 6y^2 + 9y - K^2 = 0.$$

» Et, pour $x = \sqrt[3]{z}$, on trouve

$$z^3 + 3Kz^2 + 3(K^2 - 9)z + K^3 = 5,$$

pour l'équation aux cubes des racines.

» Si $K = \sqrt{3}$ (côté du triangle équilatéral), on a

$$z^3 + 3z^2\sqrt{3} - 18z + 3\sqrt{3} = 0,$$

d'où l'on voit, par le coefficient de z^2, que le cube de la plus grande diagonale de l'ennéagone est égal à la somme des cubes des autres diagonales

$$x''^3 = x^3 + x'^3 + 3\sqrt{3},$$

ce qui donnerait le moyen d'avoir une sphère égale à trois autres.

» 9° L'équation (A), combinée avec le théorème de Ptolémée, peut servir à trouver facilement la corde du cinquième, du septième, du huitième, etc., d'un arc sous-tendu par une corde donnée K. C'est ainsi que l'on trouverait :

$$x^5 - 5x^3 + 5x - K = 0,$$

pour la division d'un arc en cinq parties égales;

$$x^7 - 7x^5 + 14x^3 - 7x + K = 0,$$

pour la division en sept parties;

$$x^8 - 8x^6 + 20x^4 - 16x^2 + K^2 = 0,$$

pour la division en huit parties, etc.

» *Résolution de* (A) $x^3 - 3x + K = 0$. — En remarquant, d'un côté, que $x = \text{corde}\, 2\alpha = 2\sin\alpha$, et que, d'un autre côté, $\overline{\sin}^2\alpha + \overline{\cos}^2\alpha = 1$, ou bien $1 = (\sin\alpha + \cos\alpha\sqrt{-1})(\sin\alpha - \cos\alpha\sqrt{-1})$, on a

$$\sin\alpha + \cos\alpha\sqrt{-1} = \frac{1}{\sin\alpha - \cos\alpha\sqrt{-1}},$$

et réciproquement, il s'ensuit que

$$\sin\alpha + \cos\alpha\sqrt{-1} + \frac{1}{\sin\alpha + \cos\alpha\sqrt{-1}} = 2\sin\alpha.$$

» Par conséquent on peut poser

$$x = y + \frac{1}{y}$$

dans (A), et l'équation se trouve immédiatement résolue, car on a

$$y^3 + \frac{1}{y^3} + K = 0, \quad \text{ou bien} \quad y^6 + Ky^3 + 1 = 0,$$

d'où

$$y^3 = -\frac{K}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{K^2 - 4}.$$

» Pour l'équation $x^3 + 3x + K = 0$, on résoudrait avec la même facilité, en faisant $x = y - \frac{1}{y}$.

» On peut encore résoudre l'équation $x^3 - 3x - K = 0$, laquelle est égale à (A) où x est changé en $-x$, en posant

$$x = \sqrt[3]{\frac{K+m}{2}} + \sqrt[3]{\frac{K-m}{2}}, \quad \text{avec la condition que} \quad \frac{K^2 - m^2}{4} = 1;$$

et de même $x^3 + 3x - K = 0$, en posant

$$x = \sqrt[3]{\frac{K+m}{2}} - \sqrt[3]{\frac{K-m}{2}}, \quad \text{avec la même condition} \quad \frac{K^2 - m^2}{4} = 1.$$

» L'auteur démontre que toute équation $x^3 - 3x + K = 0$ a ses trois racines réelles, lorsque K est compris entre $+2$ et -2, et que, en dehors de ces limites, elle a deux racines imaginaires.

» Quant à l'équation $x^3 + 3x + K = 0$, elle n'a jamais qu'une racine réelle.

» Il fait voir ensuite que toute équation du troisième degré, dont on a fait disparaître le terme du deuxième degré de l'inconnue, peut se ramener à l'une des deux formes

(A) $$z^3 - 3z + K = 0,$$

ou bien

(B) $$z^3 + 3z + K' = 0,$$

en faisant dans la proposée, privée de second terme, $y^3 + Qy + R = 0$, $y = z\sqrt{\frac{Q}{3}}$; il vient

$$z^3 \mp 3z + \frac{3R\sqrt{3}}{Q\sqrt{Q}} = 0,$$

suivant que Q est négatif ou positif.

» D'après cela, si le terme $3z$ est précédé du signe $-$, et si le terme $\frac{3R\sqrt{3}}{Q\sqrt{Q}} = K$ est compris entre $+2$ et -2, l'équation a ses racines réelles. Dans tous les autres cas, elle a deux racines imaginaires. Et comme, dans le cas des trois racines réelles, K est plus petit que 2, on peut le considérer comme corde d'une circonférence dont le diamètre est égal à 2, ainsi qu'on le suppose pour les Tables de logarithmes.

» K étant supposé égal à la corde de l'arc 6α, ou à $2\sin 3\alpha$, les racines

seront

$$2\sin\alpha,\quad 2\sin(60-\alpha)\quad \text{et}\quad -2\sin(60+\alpha).$$

De là un moyen très-simple de trouver ces racines au moyen des Tables de logarithmes, et avec l'approximation qu'elles comportent. »

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel donne lecture d'un article du testament de *M. Serres*, adressé par M. Lavocat, article qui contient un legs de *soixante mille francs* fait à l'Académie des Sciences pour instituer un prix triennal sur l'Embryologie générale.

Cette pièce sera transmise à la Commission administrative pour être l'objet d'une proposition à l'Académie.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Trois beaux volumes in-4°, contenant la partie géologique des observations effectuées par les naturalistes faisant partie de l'expédition de la frégate *Novara* dans son voyage autour du monde : ces volumes contiennent en particulier des observations sur la géologie de la Nouvelle-Zélande ;

2° Un volume ayant pour titre : « Extraits des Mémoires de Réaumur sur les Insectes » ;

3° Un volume intitulé : « le Monde des bois », par *M. Hœfer ;*

4° Deux brochures ayant pour titres : « l'Art de planter », par *M. de Manteuffel*, et « l'Art des jardins », par M. *Ernouf*.

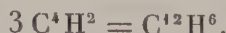
M. Haton de la Goupillière prie l'Académie de vouloir bien le comprendre parmi les candidats à la place vacante dans la Section de Mécanique, par suite du décès de *M. Poncelet*.

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les carbures pyrogénés; par* M. Berthelot.

« Les carbures pyrogénés sont engendrés par l'action réciproque et directe des carbures plus simples, tels que le gaz oléfiant, l'acétylène, la benzine, etc. J'ai établi ce résultat général par des expériences très-nettes, exécutées sur les carbures libres, pris deux à deux et mis en réaction. J'ai

reconnu, par exemple, que l'acétylène chauffé au rouge sombre se change peu à peu en benzine, par la réunion de trois molécules :



$$3\,C^4H^2 = C^{12}H^6.$$

» La benzine réagit à son tour, soit sur l'acétylène, soit sur le gaz oléfiant, pour donner naissance au styrolène :



$$C^4H^2 + C^{12}H^6 = C^{16}H^8.$$

» Le styrolène s'unit à l'acétylène pour former d'abord l'hydrure de naphtaline, dont l'existence est transitoire :



$$C^4H^2 + C^{16}H^8 = C^{20}H^{10};$$

et consécutivement la naphtaline elle-même, corps beaucoup plus stable :



$$C^{20}H^{10} = C^{20}H^8 + H^2.$$

» La naphtaline agit encore sur l'acétylène et sur l'éthylène libres pour constituer l'acénaphtène, le plus beau peut-être des carbures contenus dans le goudron de houille :

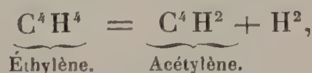


$$C^4H^2 + C^{20}H^8 = C^{24}H^{10}.$$

» Et ainsi de suite indéfiniment. Chacune de ces réactions a été vérifiée individuellement. Toutes ont lieu, je le repète, directement et sur les carbures d'hydrogène libres.

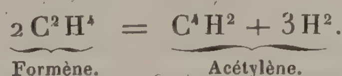
» Mais, s'il en est ainsi, si les actions réciproques et directes des carbures pyrogénés se manifestent avec le même caractère de nécessité que les réactions ordinaires de la chimie minérale, il en résulte que : partout où l'acétylène prend naissance à la température rouge, on doit obtenir la même suite de réactions, et observer la formation méthodique de la série de carbures d'hydrogène que je viens d'énumérer.

» J'ai cru utile de vérifier cette conclusion par des expériences directes, exécutées sur les carbures qui fournissent l'acétylène en vertu des réactions les plus régulières; je veux parler du gaz oléfiant ou éthylène, lequel produit l'acétylène par une simple perte d'hydrogène :



$$\underbrace{C^4H^4}_{\text{Éthylène.}} = \underbrace{C^4H^2}_{\text{Acétylène.}} + H^2,$$

et du formène, ou gaz des marais, lequel produit l'acétylène par une condensation régulière :



$$\underbrace{2\,C^2H^4}_{\text{Formène.}} = \underbrace{C^4H^2 + 3\,H^2}_{\text{Acétylène.}}.$$

» I. J'ai donc fait passer le gaz oléfiant pur et sec à travers un tube de

porcelaine rouge de feu, en évitant d'élever trop haut la température. Si l'on dirige les gaz dans l'acide nitrique fumant, de façon à absorber la vapeur de benzine, il suffit de décomposer quelques litres de gaz oléfiant pour pouvoir manifester la benzine avec pleine évidence. A cet effet, on précipite par l'eau la nitrobenzine, on la récolte en agitant le liquide avec un peu d'éther; on distille dans une petite cornue, pour chasser l'éther; puis on ajoute de la limaille de fer et de l'acide acétique. On distille doucement, on neutralise la liqueur distillée avec un peu de chaux, et l'on peut produire alors avec le chlorure de chaux la magnifique coloration bleue qui caractérise l'aniline. Elle se produit avec une telle intensité, au moyen des produits pyrogénés du gaz oléfiant, qu'il suffirait de détruire une centaine de centimètres cubes de ce gaz, et peut-être moins encore, pour obtenir les réactions de la benzine.

» Cependant, j'ai cru devoir répéter l'expérience sur une plus grande échelle, afin d'isoler en nature la benzine elle-même et, s'il se pouvait, les autres carbures pyrogénés prévus par la théorie. J'ai fait passer les gaz de la réaction à travers un tube en U, refroidi et communiquant avec un petit récipient par une tubulure verticale, placée à la partie médiane et inférieure du tube en U. J'ai condensé ainsi une certaine proportion d'un liquide goudronneux, que j'ai soumis ensuite à des rectifications. J'en ai extrait les corps suivants :

» 1° La benzine liquide et pure, $C^{12}H^{6}$, dont il est facile de vérifier les caractères.

» 2° Le styrolène pur, $C^{16}H^{8}$. J'ai caractérisé ce carbure par son état, son odeur, son point d'ébullition (vers 145°), ses promptes transformations en polymères au contact de l'iode et de l'acide sulfurique, enfin et surtout par la formation de l'iodure cristallisé que le styrolène forme lorsqu'on l'agite avec une solution aqueuse et concentrée d'iodure de potassium ioduré, et que l'on étend presque aussitôt la liqueur. La forme cristalline de cet iodure, étudiée au microscope, et son changement spontané en iode et polystyrolène, dans l'espace de quelques heures, sont extrêmement caractéristiques ; car toutes ces propriétés ne se manifestent qu'avec le styrolène, et même seulement avec le styrolène très-pur. J'ai ainsi caractérisé le styrolène formé aux dépens du gaz oléfiant. Dans cette décomposition, la proportion en est moindre que celle de la benzine.

» La benzine et le styrolène sont les seuls carbures volatils au-dessous de 200 degrés qui prennent naissance en proportion appréciable; ce qui confirme la régularité des relations qui existent entre le corps décomposé et les produits de sa métamorphose.

» 3° Vers 200 degrés et au-dessus distillent divers liquides, qui ne tardent pas à se prendre en une masse cristalline. Je pense que les plus volatils de ces liquides sont formés par l'hydrure de naphtaline, dont ils possèdent l'odeur et le degré de volatilité. Mais je ne connais point jusqu'ici de réaction propre à caractériser de petites quantités de ce carbure : sa formation n'est donc point démontrée. Au contraire, il est facile de reconnaître que les cristaux condensés dans la partie la plus volatile sont constitués par la naphtaline. Ce même carbure se manifeste d'ailleurs avec son aspect et ses formes ordinaires dans l'allonge traversée par le courant gazeux pendant la décomposition. J'y insiste d'autant moins que M. Magnus a déjà observé, il y a bien longtemps, la formation de la naphtaline dans la décomposition du gaz oléfiant.

» II. Je vais maintenant exposer la décomposition par la chaleur rouge du formène ou gaz des marais. Cette décomposition fournit d'abord de l'acétylène, comme je l'ai constaté il y a sept ans, mais en moindre quantité que celle du gaz oléfiant.

» La benzine prend aussi naissance, comme il est facile de s'en assurer, en dirigeant quelques litres de gaz des marais à travers un tube rouge, puis au sein de l'acide nitrique fumant. J'ai ainsi obtenu successivement : la nitrobenzine, l'aniline et la belle coloration bleue qui caractérise cette substance.

» Enfin, la naphtaline se condense dans les allonges, avec ses caractères ordinaires, conformément aux observations que j'ai publiées il y a plusieurs années sur la décomposition du gaz des marais.

» En résumé, la formation de l'acétylène, C^4H^2, qui représente le produit ultime des décompositions pyrogénées, a pour conséquence la formation nécessaire d'une certaine quantité de benzine, $C^{12}H^6$, par condensation polymérique. Mais, la benzine et l'acétylène se trouvant en présence à la température rouge, la formation du styrolène, $C^{16}H^8$, est une nouvelle conséquence de leur action réciproque. La formation de la naphtaline résulte à son tour de l'action réciproque entre l'acétylène et le styrolène, ou, d'une manière plus éloignée, entre la benzine et l'acétylène.

» Cette formation presque universelle de la naphtaline, reconnue par tant d'observateurs, a été aperçue tout d'abord, parce que le carbure est cristallisé et doué de propriétés très-caractéristiques : mais elle était demeurée jusqu'ici sans explication, faute d'avoir reconnu la présence non moins universelle de la benzine, et surtout la présence et les actions directes de l'acétylène, générateur fondamental des carbures pyrogénés. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les cyanures doubles analogues aux ferro et aux ferricyanures.* Note de **M. A. Descamps**, présentée par M. Fremy.

« L'action des cyanures alcalins sur les cyanures métalliques donne lieu, comme on le sait, à deux ordres de phénomènes bien distincts : tantôt on obtient de véritables cyanures doubles, tels sont ceux que forment le zinc, l'argent, avec le cyanure de potassium; tantôt, au contraire, il en résulte des sels alcalins, dont l'acide de nature complexe et organométallique est constitué par le métal intimement uni au cyanogène; les ferrocyanures et les ferricyanures en sont les meilleurs exemples. A ce dernier groupe on peut rattacher les cyanures doubles formés par le platine et par quelques métaux de la classe du fer : le manganèse, le chrome, le cobalt. L'étude de ces composés a déjà été commencée par Gmelin, Rammelsberg, et par M. Balard; mais ces chimistes n'ont examiné que les sels analogues aux ferricyanures. J'ai cru qu'il serait intéressant de compléter cette étude en cherchant à produire les composés analogues aux ferrocyanures. Peut-être même l'étude de ces corps permettra-t-elle de jeter quelque clarté sur la véritable constitution de ces acides si curieux et d'expliquer enfin la différence d'action des cyanures alcalins sur les cyanures métalliques.

» Mes premières recherches se sont portées sur le manganèse, et c'est le résultat de mes expériences que je désire communiquer à l'Académie.

» On obtient le manganocyanure de potassium toutes les fois qu'on met une solution concentrée de cyanure de potassium, chauffée à 40 ou 50 degrés en contact, soit avec du protoxyde de manganèse, du carbonate ou du cyanure de manganèse. Au bout d'une heure environ, la liqueur jaune qui en résulte, filtrée, abandonne par refroidissement des cristaux de manganocyanure de potassium. Ce sel est d'un violet très-foncé, cristallisé en tables carrées comme le ferrocyanure.

» Il s'altère facilement au contact de l'air en absorbant de l'oxygène et se décompose en manganicyanure et en sesquioxyde de manganèse. On le conserve aisément dans les eaux mères au sein desquelles il a cristallisé. Desséché avec soin et renfermé dans des tubes, on peut le garder sans qu'il se décompose.

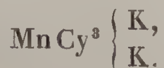
» Sous l'action de la chaleur et au contact de l'air, il se décompose en sesquioxyde de manganèse et en cyanate de potasse, comme le fait le cyanoferrure.

» Une solution de potasse le décompose en donnant du protoxyde de

manganèse. Des acides, même étendus, le dissolvent avec dégagement d'acide cyanhydrique.

» Le véritable dissolvant de ce sel est le cyanure de potassium : cette solution est jaunâtre; avec les sels de zinc, elle donne un précipité violet, tandis que le manganicyanure donne un précipité rose avec les mêmes sels : ce caractère permet de distinguer leurs solutions. Le manganocyanure de plomb est un précipité jaune, qui m'a permis de préparer l'acide manganocyanhydrique en le décomposant par l'hydrogène sulfuré.

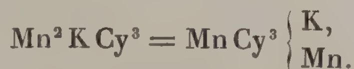
» Le manganocyanure de potassium a pour formule



$$\mathrm{Mn\,Cy^3}\left\{\begin{matrix}\mathrm{K},\\ \mathrm{K}.\end{matrix}\right.$$

» L'action de l'eau sur ce sel est assez intéressante : il commence par se dissoudre, puis la liqueur se trouble en quelques instants et laisse bientôt déposer un précipité vert; l'eau retient du cyanure de potassium.

» Ce précipité vert, analysé, m'a présenté la composition suivante :



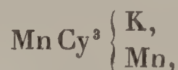
$$\mathrm{Mn^2\,K\,Cy^3} = \mathrm{Mn\,Cy^3}\left\{\begin{matrix}\mathrm{K},\\ \mathrm{Mn}.\end{matrix}\right.$$

» La décomposition du manganocyanure par l'eau pourrait donc s'exprimer par l'équation suivante :



$$2\,(\mathrm{K^2\,Mn\,Cy^3}) = \mathrm{Mn^2\,K\,Cy^3} + 3\,\mathrm{K\,Cy}.$$

» Ce composé vert s'obtient encore de plusieurs manières : d'abord en versant goutte à goutte un acide dans le manganocyanure; un excès d'acide le redissout. On le forme aussi en traitant un sel de manganèse par le manganocyanure, ce qui permet de le considérer comme un manganocyanure de manganèse et de potassium :



$$\mathrm{Mn\,Cy^3}\left\{\begin{matrix}\mathrm{K},\\ \mathrm{Mn},\end{matrix}\right.$$

analogue au ferrocyanure de fer (ferrosum) et de potassium, composé blanc qu'on obtient par l'action de l'acide sulfurique étendu sur le ferrocyanure, ou bien encore en traitant un sel ferreux par le ferrocyanure.

» Je citerai enfin un dernier mode de préparation de ce composé vert, d'autant plus précieux qu'il me permet maintenant de préparer le manganocyanure de potassium sans la moindre difficulté. Il consiste à verser un sel de manganèse en léger excès dans une solution concentrée de cyanure de potassium. Il se forme un précipité vert qu'on peut laver par décantation. Ce sel est très-soluble dans le cyanure de potassium, et si la solu-

tion est suffisamment concentrée, elle abandonne par refroidissement le manganocyanure cristallisé. Ce dernier procédé de préparation du manganocyanure est très-rapide et d'une exécution facile. Il faut avoir soin d'opérer sur des solutions de cyanure alcalin très-concentrées; car ce sel étant fort altérable, la concentration des liqueurs par le feu le décompose en manganicyanure et en sesquioxyde de manganèse.

» Le sel vert dont je viens de parler est insoluble dans l'eau, altérable à l'air humide; mais desséché à 100 degrés, il se conserve très-bien. Il est décomposé par les acides étendus, avec dégagement d'acide cyanhydrique.

» Si l'on fait passer un courant de chlore dans une solution de manganocyanure, on obtient, comme produit principal de la réaction, le manganicyanure de potassium; l'hydrogène sulfuré est sans action sur le manganocyanure et ramène à cet état une solution de manganicyanure.

» Ces travaux ont été exécutés dans le laboratoire de M. Fremy, au Muséum. Qu'il me soit permis, avant de terminer, d'adresser ici mes remercîments sincères à mon professeur, dont la bienveillance et les bons conseils ne m'ont jamais fait défaut depuis mes débuts en chimie.

» *Nota.* — Ce travail était entre les mains de M. Fremy depuis quelque temps. Au moment de le publier, M. Nicklès m'apprend qu'un chimiste américain, M. Eaton, a obtenu des résultats qui s'accordent complétement avec ceux que je viens de faire connaître et que son travail paraîtra dans le prochain *Journal de Pharmacie*, 4e série, t. VIII.

» Par un sentiment de justice que tout le monde comprendra, j'ai cru devoir faire connaître cette circonstance à l'Académie (1). »

PHYSIOLOGIE. — *Explorations phosphéniennes de la rétine. Images subjectives de la* macula lutea *et de la* fovea centralis. Note de **M. R. Houdin**, présentée par M. Cloquet. (Extrait.)

« L'expérience que je vais décrire repose sur des impressions phosphéniennes dans lesquelles quelques-unes des régions de la surface de la rétine donnent leurs images. Ces images étant subjectives, je ne cite ici que mes propres observations.

» Le matin, avant le jour, alors que ma rétine, après un long repos, est arrivée à sa plus grande excitabilité, mes yeux étant fermés, je pose la pulpe des deux grands doigts sur la paupière de l'un d'eux, en y exerçant une

(1) *Ueber die cyanverbindungen des mangans;* von J. Eaton und R. Fittig; expériences faites au laboratoire de Göttingen. (*Note du Secrétaire perpétuel.*)

pression légère, uniforme et continue. Cette action est dirigée de façon à converger vers le centre de ma rétine.

» La pression à peine établie, le champ visuel, obscur jusque-là, se marbre de jaune et de bleu de toutes nuances. Des figures diverses, indécises et indéterminées se forment, se déplacent et se modifient, dans des dispositions qui rappellent les fantaisies kaléidoscopiques.

» Dix à quinze secondes se sont à peine écoulées depuis le commencement de la pression, que, sur le champ de la vision confusément éclairé, apparaissent des étincelles et de petites figures lumineuses, agitées de mouvements saccadés et irréguliers. Quinze secondes encore, et ces images pyrotechniques disparaissent. Le champ visuel rentre dans une uniformité semi-lumineuse.

» Tout à coup, et c'est là un magnifique spectacle, un phosphène éclatant, prenant naissance à quelque distance du centre visuel, entoure celui-ci d'une auréole ou disque lumineux, en lui réservant une tache noire de forme irrégulière, mais sensiblement ovoïdale. Une ou deux secondes après cette apparition, le disque quitte son ton phosphénien pour un bleu d'azur du plus vif éclat.

» Ici je cesse la pression, et si je continue de me maintenir dans l'obscurité, je puis me livrer encore à l'observation du phénomène pendant près de quarante secondes.

» La tache noire centrale se régularise insensiblement; elle offre maintenant le contour parfait d'une amande dont le grand axe de figure est horizontal et dont la pointe est invariablement tournée vers l'angle intérieur de l'œil. La périphérie de cette tache est bordée d'une ligne lumineuse. Parfois, lorsque ma rétine est dans de bonnes conditions pour l'expérience, j'aperçois un point brillant au milieu de la tache noire.

» Le contour du disque azuré ne se termine pas brusquement : une bordure irrégulière, floconneuse et brillante le sépare du reste du champ visuel qui est dans l'obscurité ; de sorte qu'il semble que l'on voie l'azur du ciel à travers une ouverture pratiquée dans un nuage épais. Je le répète, c'est une superbe image.

» Si je veux obtenir des impressions plus vives et plus déterminées, j'opère sur mes deux yeux à la fois. Mais, dans ce cas, les formes des images sont modifiées par leur superposition. Ainsi, par exemple, la tache noire présente l'image de deux amandes superposées et dont les pointes sont tournées en sens inverse.

» On se demande quelles sont les parties de la rétine qui produisent ces

images subjectives et quelles sont aussi les causes de leur formation. Je vais essayer de répondre à cette double question.

» La première phase de l'expérience pourrait s'expliquer ainsi : La pression exercée sur le globe de l'œil n'est pas assez forte pour déterminer une lueur phosphénienne immédiate telle qu'on la voit, par exemple, sous l'action d'un choc ou d'une vive pression. Mais en raison de la persistance de cette pression sur la rétine et de l'excitation incessante qui en résulte, il se forme, entre la lumière et l'obscurité, une lutte dans laquelle le phosphène prend enfin le dessus; et cette lutte produit les images kaléidoscopiques dont nous avons parlé.

» Les étincelles, les lignes et petites figures lumineuses que l'on voit agitées de mouvements irréguliers et saccadés ne peuvent-elles pas recevoir l'explication suivante? La pression dirigée sur le centre de la rétine y rencontre les parties les plus fines du réseau vasculaire; ces vaisseaux d'une ténuité si délicate sont facilement comprimés, et étranglés même, en certains endroits. Il en résulte des intermittences dans la circulation, par suite desquelles il se fait sur la rétine des frottements et des pressions partielles, sources de petits phosphènes intermittents. De là les images pyrotechniques.

» Dans la seconde phase de l'expérience, la continuité de la pression finit par déterminer au milieu du champ visuel un phosphène sous l'aspect d'un disque lumineux. C'est l'image de la *macula lutea*. Cet organe, en raison de son extrême excitabilité et de sa position centrale, reçoit la plus forte partie de l'impression phosphénienne qui lui donne son vif éclat.

» La tache noire que l'on voit au milieu de la *macula*, c'est la *fovea centralis*. La cause d'absence de lumière à cet endroit est dans la disposition même de cette partie de la rétine. En effet, tandis que le champ visuel reçoit en plein les étreintes de la pression, les organes sensibles de la *fovea* étant abrités dans leur petit trou, sont dégagés, par ce fait, de toute action phosphénienne; ils restent dans l'inertie et par conséquent dans l'obscurité. Et l'on reconnaît là une disposition providentielle : sans cet abri protecteur l'exquise sensibilité de la *fovea* se trouverait incessamment excitée par l'action phosphénienne, qui, par diverses causes inhérentes à la conformation et aux fonctions de l'œil, règne à l'état latent sur tout le champ visuel (1); ce qui pourrait apporter un trouble à ses atomiques appréciations.

---

(1) En quelque instant qu'on ferme les yeux et quelle que soit l'obscurité dont on soit environné, le champ visuel n'est jamais complétement noir.

» En résumé, si par un long repos on procure à la rétine la plus grande excitabilité dont elle soit susceptible et que, dans cet état, on exerce sur elle une pression modérée et continue, on peut voir subjectivement de très-belles images de la *macula lutea*, de la *fovea centralis* et d'un *petit point lumineux* que je cite ici pour mémoire, mais pour lequel je me propose de donner ultérieurement une explication particulière. »

GÉOLOGIE. — *Théorie de la formation de l'asphalte au Val-de-Travers (Suisse)*; *par* **M. Ch. Knab.**

« *Conclusions.* — 1° L'*asphalte* (calcaire imprégné de bitume) est dû à la décomposition, dans une *mer profonde*, de bancs de mollusques, décomposition opérée sous une *forte pression* et à une *haute température*;

» 2° Le *bitume libre* s'est formé aussi par la décomposition de certains mollusques ou crustacés, dans une mer *peu profonde*, à une *haute température*, mais sous une *pression insuffisante* pour forcer ce bitume à imprégner les coquilles d'huître;

» 3° Le *pétrole* est aussi dû à la décomposition, sous l'eau, de mollusques, décomposition qui a eu lieu à une *température trop faible* pour le transformer en bitume, *mais sous une pression plus ou moins considérable;*

» 4° Les bancs de calcaire blancs, formés aussi par l'accumulation d'huîtres fossiles, et qui ne renferment ni bitume ni pétrole, ont été formées sous de telles conditions, que les produits de la décomposition des matières organiques animales se sont évaporés;

» 5° Enfin, les combustibles seuls, ou bitumes fixes, ont été formés par la *décomposition des plantes*, tandis que tous les précédents ont une *origine animale*. »

M. L. Sauvage adresse des remarques concernant les deux dernières communications faites par M. Houzeau à l'Académie. Selon lui, « l'iodure de potassium est toujours décomposé par l'acide sulfurique, même à froid, ce que l'on constate en agitant le mélange d'iodure et d'acide avec de l'éther; l'iode mis en liberté se dissout dans l'éther, qui se colore en jaune. »

M. H.-R. Silvester soumet au jugement de l'Académie une brochure,

imprimée en anglais, relative à la mort apparente et aux diverses asphyxies.

Cette brochure sera soumise à l'examen de la Section de Médecine.

A 5 heures un quart, l'Académie se forme en comité secret.

La séance est levée à 5 heures trois quarts. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans la séance du 23 mars 1868, les ouvrages dont les titres suivent :

Météorites du Muséum d'Histoire naturelle au 31 *mars* 1866; *par* M. A. DAUBRÉE.

Observations anatomiques sur quelques mammifères de Madagascar; par MM. Alphonse MILNE EDWARDS *et* Alfred GRANDIDIER. (Extrait des *Annales des Sciences naturelles.*) Paris, 1867; in-4°, avec planches.

Souvenirs d'une exploration scientifique dans le nord de l'Afrique. — I. Monuments symboliques de l'Algérie; par M. J.-R. BOURGUIGNAT. Paris, 1868; in-8°. (Présenté par M. Milne Edwards.)

La vie et les mœurs des insectes. — Extraits des Mémoires de Réaumur; par M. C. DE MONTMAHOU. Paris, 1868; in-12.

Guide pratique de minéralogie appliquée; par M. A.-F. NOGUÈS, 1re partie. Paris; in-8°.

Essai sur les causes qui ont retardé ou favorisé les progrès de la médecine depuis la plus haute antiquité jusqu'à notre époque; par M. J.-B. MÈGE. Tours, 1868; in-8°. (Présenté par M. Cloquet.)

Description de l'appareil d'appel télégraphique de A. DAUSSIN. In-4° autographié.

Le monde des bois; par Ferd. HOEFER. Paris, 1868; grand in-8° illustré.

La vigne dans le Bordelais; par Auguste PETIT-LAFITTE. Paris, 1861; in-8° avec figures.

Causeries scientifiques (7e année); *par* Henri DE PARVILLE. Paris, 1868; in-12. (Présenté par M. Fremy.)

L'Art de planter; par le Baron DE MANTEUFFEL, traduit par STUMPER, et revu par GOUET. 1 vol. in-32 avec figures.

L'Art des Jardins; par le Baron ERNOUF. Paris, 1868; 2 vol. in-32 avec figures.

Le futur Muséum; par François BROC. Paris, 1868; opuscule in-8°.

International... *Exposition universelle de 1862. — Rapports des Jurys sur les sujets des trente-six classes dans lesquelles l'Exposition était divisée.* Londres, 1863; in-8°. (Offert par M. Cloquet.)

Annual... *Rapport annuel du chirurgien général de l'armée des États-Unis*, 1867; br. in-8°.

Reise... *Voyage de la frégate autrichienne* Novara *autour du monde pendant les années* 1857, 1858, 1859 : *Section de la géologie*, t. Ier, 1re et 2e parties; t. II, 1re et 2e parties. Vienne, 1864-1866; 3 vol. in-4°.

Das... *La loi de développement de la nature; par* le Dr RECHT. Munich, 1868; in-8°.

